

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE
PRODUÇÃO

ENSINO ASSISTIDO POR COMPUTADOR:
MODELAGEM DE UM GERADOR DE
MATERIAIS EDUCATIVOS
COMPUTADORIZADOS NUM AMBIENTE DE
MULTIMÍDIA



0.228.326-0

UFSC-BU

Luis Alberto Alfaro Casas

Florianópolis, dezembro de 1994

1994
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE
PRODUÇÃO

**ENSINO ASSISTIDO POR COMPUTADOR:
MODELAGEM DE UM GERADOR DE
MATERIAIS EDUCATIVOS
COMPUTADORIZADOS NUM AMBIENTE DE
MULTIMÍDIA**

*Dissertação submetida à Universidade
Federal de Santa Catarina para
obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia*

Luis Alberto Alfaro Casas

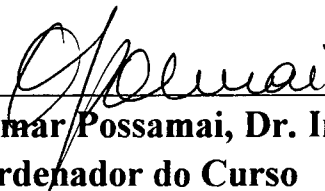
Florianópolis, dezembro de 1994

**ENSINO ASSISTIDO POR COMPUTADOR:
MODELAGEM DE UM GERADOR DE MATERIAIS
EDUCATIVOS COMPUTADORIZADOS NUM
AMBIENTE DE MULTIMÍDIA**

LUIS ALBERTO ALFARO CASAS

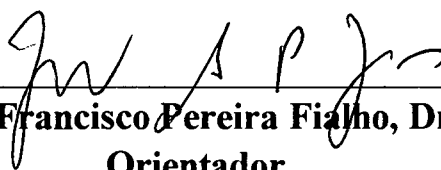
**Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de
Mestre em Engenharia**

**Especialidade em Inteligência Aplicada e aprovada em sua forma
final
pelo Programa de Pós-Graduação**

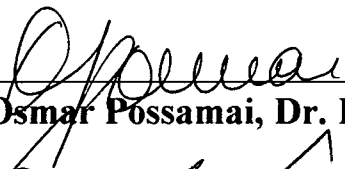


**Prof. Osmar Possamai, Dr. Ing.
Coordenador do Curso**

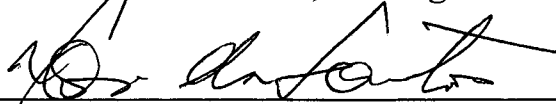
Banca Examinadora :



**Prof. Francisco Pereira Fialho, Dr. Eng.
Orientador**



Prof. Osmar Possamai, Dr. Ing.



Prof. Neri dos Santos, Dr. Ing.



Prof. Vânia Ribas Ulbricht, M. Eng.

DEDICATÓRIA

A Josefina e Jose Antonio (in memorian)

A Enrique e Maximiliana (in memorian)

A Rosa e Roberto

A Jose Luis, Sofia Isabel e Maria

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Francisco Antonio Pereira Fialho, pela dedicação e orientação deste trabalho.

Ao Prof. Neri dos Santos, pela orientação inicial deste trabalho e pelo apoio prestado.

Aos membros da Banca Examinadora Prof. Osmar Possamai e Profa. Vânia Ribas Ulbricht, pelo tempo que dedicaram à leitura desta pesquisa e pela riqueza de seus comentários.

Aos demais Professores, Funcionários e Colegas do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, pela colaboração.

A profa. Ursula , do Curso de Biblioteconomia da UFSC, pela revisão das últimas versões.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, que proporcionaram os meios para a realização deste trabalho.

Aos amigos conquistados no Brasil.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	xi
LISTA DE QUADROS	xii
LISTA DE TABELAS	xiii
RESUMO	xiv
ABSTRACT	xv
1 - INTRODUÇÃO	1
1.1- Relevância Econômica e Social do Problema	13
1.2 - Objetivos Gerais e Específicos	15
1.2.1 - Objetivo Geral	15
1.2.2 - Objetivos Específicos	15
1.3 - Hipóteses	16
1.3.1 - Hipóteses Subjacentes	16
1.3.2 - Hipótese Geral	16
1.3.3 - Hipóteses de Trabalho	17
1.4 - Metodologia	17
1.5 - Estrutura da Dissertação	17
2 - HISTÓRICO DOS DESENVOLVIMENTOS E ESTADO DE ARTE	18
2.1 - Histórico dos Desenvolvimentos	18

2.1.1 - Tecnologia e Educação	18
2.1.2 - Tecnologia Digital e Multimídia	25
2.1.3 - Programação Baseada em Objetos	27
2.2 - Estado de Arte	29
 3 - DE MÁQUINAS E SERES VIVOS	 33
3.1 - Autopoiésis	33
3.2 - Telenomia, um Conceito Prescindível	38
3.2.1 - Ausência de Finalidade	38
3.2.2 - Individualidade	43
3.2.3 - Sistemas Autopoiéticos de Maior Ordem	44
3.3 - Implicações Gnoseológicas	48
3.4 - Psicologia da Aprendizagem Humana	52
3.4.1 - Abordagem Tradicional	61
3.4.2 - Abordagem Comportamentalista	64
3.4.3 - Abordagem Cognitivista	67
3.4.4 - A Matética Computacional	69
3.5 - Delineamentos de uma Pedagogia Construtivista	72
 4 - REPRESENTAÇÃO DE CONHECIMENTO	 80
4.1 - O Conhecimento	82
4.2 - Representação do Conhecimento	86
4.2.1 - Representação por Lógica Matemática	87
4.2.1.1 - Lógica Proposicional	87
4.2.1.2 - Lógica dos Predicados ou Lógica de Primeira Ordem	89
4.2.2 - Regras de produção	93
4.2.3 - Redes Semânticas	95
4.2.4 - Quadros e Roteiros (Frames e Scripts)	98
4.2.5 - Alógrafos	102
4.2.5.1 - Bolha (Borbulha)	102

4.2.5.2 - Alógrafo	107
4.2.5.3 - Diagramas Morfosintáticos dos Alógrafos	112
4.2.5.4 - Representação do Conhecimento Mediante Alógrafos	113
4.3 - Representação de Conhecimento Apropriada para Aplicações em EIAC	117
 5 - MATERIAIS EDUCATIVOS COMPUTADORIZADOS EM AMBIENTE MULTIMÍDIA	 125
5.1 - O processo de ensino aprendizagem	125
5.2 - Papel Clássico do Computador no Ensino	127
5.3 - Atuais Desafios do Ensino	129
5.3.1 - Problemas a Considerar	129
5.3.2 - Novas Necessidades Educativas	130
5.3.3 - Possíveis Soluções, Educação Contínua	132
5.4 - Novo Enfoque Pedagógico	132
5.4.1 - Educação Flexível, Mais Aberta e à Distância	132
5.4.2 - Como Conseguí-lo	133
5.5 - A "Revolução" da Informática, Ferramentas didáticas	135
5.5.1 - Novas Tecnologias de Informação e Comunicação	135
5.5.2 - Multimídia	136
5.5.3 - "Hipertexto" e "Multimídia": "Hipermissão"	137
5.5.4 - Por que "Hipermissão" no Ensino	137
5.5.5 - Valor Adicional Trazido pelos "Hipermissão"	138
5.5.6 - A Aula Eletrônica	140
5.7 - Os Materiais Educativos Computadorizados	140
5.7.1 - Necessidades Educativas e Apoios Informáticos	142
5.7.2 - Estabelecimento do Papel do Computador, Tipos de MECs	143
5.7.3 - Princípios que estão Subjacentes ao Emprego dos MECs	148
5.7.4 - Pedagogia Apoiada com MECs	152
5.7.5 - Ambientes Educativos e Projeto de MECs	155

6 - MULTIMÍDIA E INTERFACE HOMEM MÁQUINA	157
6.1 - Multimídia	157
6.1.1 - Necessidades de Hardware	160
6.1.1.1 - Meios de Armazenamento de Informações	162
6.1.1.2 - Componentes Gráficos	165
6.1.1.3 - Componentes de Som	169
6.1.1.4 - Hardware útil para o Desenvolvimento de Programas	
Multimídia	175
6.1.2 - Requisitos de Software	178
6.1.2.1 - Software Necessário Para Rodar Multimídia	178
6.1.2.2 - Software Necessário para Desenvolver Multimídia	179
6.1.2.3 - Outros Programas com Capacidades Multimídia	187
6.1.2.4 - Desenvolvimento de Software e Multiprocessamento	188
6.2 - Telemática	188
6.3 - Ergonomia de Software MEC	191
6.3.1 - Fundamentos para o Projeto de Interfaces Homem-Máquina	191
6.3.2 - Guias para o Desenho Interfaces	197
6.3.3 - Metodologia para o Desenho Computacional	199
6.3.4 - Princípios Gerais de Projeto de Interfaces	200
6.3.5 - Padrões de Qualidade	202
7 - ARQUITETURA DE UM SISTEMA EIAC	205
7.1 - Arquitetura de Tutores e Treinadores Inteligentes	206
7.1.1 - Conceitos Básicos para o Trabalho de um Sistema de Produção	
de Treinadores e Tutores Inteligentes	211
7.1.2 - As Tarefas	212
7.1.3 - Os Níveis	213
7.1.4 - Componentes de Tutores e Treinadores Desenvolvidos com um	
Sistema de Produção	213
7.1.4.1 - Módulo de Diálogo Inicial	213

7.1.4.2 - Supervisor (Coach)	214
7.1.4.3 - Gerador de Dados	215
7.1.4.4 - Mensagens	216
7.1.4.5 - Mensagens	216
7.1.4.6 - Base de Conhecimento de Boas Regras (BCBR)	217
7.1.4.7 - Analisador de Equivalências (AE)	218
7.1.4.8 - Base de Conhecimento das más Regras (BCMR)	219
7.1.4.9 - Detector de Erros	220
7.2 - Tutores Desenvolvidos com um Sistema de Produção	220
7.2.1 - O Grafo de Níveis como Módulo de Direção da Aprendizagem	221
7.2.2 - Estratégias	223
7.3 - Módulos e Utilitários de um Sistema Treinador ou Autor	225
7.4 - Análise e Crítica à Utilização e a Produção Atual de Tutores Inteligentes	226
 8 - PRODUÇÕES MULTIMÍDIA	 229
8.1 - Passos para Produzir Multimídia	233
8.1.1 - Definição da Necessidades dos Usuários	233
8.1.2 - Equipe Multimídia	233
8.1.3 - Projetando a Estrutura e o Conteúdo	235
8.1.4 - Estabelecimento de Padrões Uniformes de Projetos	236
8.1.5 - Projetando Produções para o Modo do Display	236
8.2 - Filosofias de Operação de Pacotes Multimídia	238
8.2.1 - Pacotes Baseados em Telas	239
8.2.2 - Programas de Autoria Baseados em Ícones	239
8.2.3 - Sistemas Baseados em uma Linha de Tempo	240
8.2.4 - Ambiente Integrado	241
8.3 - O modelo Proposto	241
8.3.1 - Assunto Curso	243
8.3.2 - Nível de Indivíduo	244
8.3.3 - Assunto Avaliação	245

8.4 - Delineando a Construção de um Protótipo	245
9 - CONCLUSÃO E SUGESTÕES	248
9.1 - Conclusão	248
9.2 - Sugestões para Trabalhos Futuros	250
10 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	253
11 - BIBLIOGRAFIA	261
12 - ANEXOS E APÊNDICES	263

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapeamentos entre fatos e representações	81
Figura 2: O Conhecimento	85
Figura 3: Exemplo de relações entre os nós	96
Figura 4: Redes semânticas	96
Figura 5: Parcela de uma rede semântica para o conceito viatura	97
Figura 6: Ciclo de um SEP	207
Figura 7: Arquitetura de um SE	210
Figura 8: A hierarquia das produções multimídia Windows	230
Figura 9: A estrutura de uma produção multimídia linear	231
Figura 10: A estrutura de uma típica produção multimídia não linear	232

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 : Funções estratégicas para os diversos papeis desempenhadas pelo computador no ensino	11
Quadro 2 : Estilos de aprendizagem/Caracerísticas dos estudantes	59
Quadro 3 : Estilos de Ensino/Aprendizagem preferidos pelos estudantes e professores de engenharia	73
Quadro 4 : Estilos de Ensino/Caracteristicas dos Professores	74
Quadro 5 : Resúmen de Características de Tipos de Representações de Conhecimento	124

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 : Hardware mínimo necessário para o padrão MPC para rodar multimídia no Windows	161
Tabela 2 : Recomendações mínimas do padrão MPC2	162
Tabela 3 : Software de Suporte útil para desenvolver programas multimídia	186

RESUMO

Nesta pesquisa analisa-se o potencial que oferece o computador como meio educativo, enriquecendo os ambientes de ensino-aprendizagem. Investigou-se como vêm sendo abordados os problemas ligados a projetos de desenvolvimento de Ensino Inteligente Assistido por Computador (EIAC). Considerando-se a base teórica para tais projetos como sendo a Cognição Humana e suas Bases Biológicas, "Inteligência Artificial", Psicologia Educativa, "Ergonomia Cognitiva", Informática e Multimídia. Analisaram-se também os diferentes tipos de Materiais Educativos Computadorizados (MECs), os princípios educativos e a psicologia da aprendizagem em que se fundamenta a criação de seus ambientes apoiados por computador, explorando-se as possibilidades apresentadas pelos MECs em inovar a relação professor-aluno. Foi proposto, finalmente, um modelo de um dos componentes de tais sistemas EIAC, um Gerador de Materiais Educativos Computadorizados em Ambiente Multimídia, desenvolvido dentro de uma filosofia orientada a objeto.

ABSTRACT

The aim of this dissertation is to analyze the potential use of computers as an educational means to enrich the teaching learning environment. An investigation has been made on how Intelligent Computer Assisted Learning systems are being developed. The theoretical basis lies in Human Cognition, mainly in its biological support, Artificial Intelligence, Educational Psychology, Computer Systems and Multimedia. Has been investigated different kinds of computerized educational materials (C. E. M.). An investigation was also made of the educational and psychological cases adopted for such systems and the new possibilities brought by these new techniques in the relationship between teachers and students. Finally, based on the research performed, the author proposes Multimedia Environment Computerized Educational Material Generator based on an object-oriented approach.

1 - INTRODUÇÃO

Ao finalizar o século XX, pela primeira vez na história contemporânea, confluem dois grandes processos que nunca haviam ocorrido juntos: “uma reestruturação radical do sistema político internacional e uma revolução técnico científica que altera a organização do sistema produtivo” (Mercado, 1993, p. 252).

Estes processos estão dando lugar a uma nova etapa histórica ainda não definida: o fim da Guerra Fria, cujas características mais relevantes são: “O fim da bipolaridade e as trocas nas relações de poder; o surgimento de grandes blocos geoeconômicos; o reordenamento desfavorável das relações Norte-Sul; a troca da natureza dos conflitos; e um novo desenho produtivo, o Japonês” (Mercado, 1993, p. 252), “cujas modalidades são uma empresa muito menor, automatizada e robotizada; uma clara descentralização da atividade industrial com respeito a sua organização global. Isto quer dizer que um país realiza um projeto, outro produz os motores, e outro a montagem, ou seja, o produto final”. Simultaneamente se estão produzindo trocas nos setores principais da atividade produtiva. “Agora a microeletrônica, a biotecnologia e a indústria de novos materiais passaram a ser os líderes mais dinâmicos da economia mundial. Tudo isso acompanhado pela disponibilidade de quadros altamente técnicos e pela centralização da nova informação” (Mercado, 1993a, p. 20).

Segundo Ferrari (1993, p. 81), adentrando-se no século XXI, “uma nova revolução industrial está começando. Agora as máquinas substituem, na produção direta, grande parte do trabalho intelectual humano”.

Não somente se criam novos produtos e se utilizam novos insumos. O fundamental é que a base produtiva mundial mudou. A chave está agora na informação, na velocidade para acessá-la e convertê-la em ferramenta produtiva.

Esta é a base das sociedades automatizadas, o novo mundo que se está forjando. Nos últimos 30 anos, com a revolução científico tecnológica, o homem produziu mais inventos que em toda sua história como espécie de vida. Esta é uma característica para o futuro que já se anuncia.

Novos problemas surgem. O paradigma industrial atual pode terminar com todas as formas de vida, incluindo o homem, fato esse que faz com que transitemos por caminhos onde predomina a incerteza.

Pode-se, ainda, separar o produtor de seu produto, ocasionando novas dominações tecno-burocráticas, baseadas na segregação de sociedades, países e grupos humanos condenados à marginalidade.

Um punhado de países ricos podem controlar todo o crescimento do mundo enquanto o resto dos povos assiste sua crescente deterioração.

Dentro deste contexto, os diferentes países latino-americanos apresentam uma população crescendo rapidamente, a taxas de 2.5 a 3.5% ao ano. Estes países têm muitas dificuldades para atender as necessidades básicas da população, como alimentação, saúde, moradia, educação, cultura, etc.

Muitos governantes e políticos sustentam que a origem do subdesenvolvimento e a pobreza, têm suas raízes na falta de recursos econômicos, infra-estruturais e tecnológicos para

explorar e transformar os grandes recursos naturais em bens e serviços úteis ao homem latino-americano. Defendemos, nesta análise, que as raízes do subdesenvolvimento se devem, principalmente, à falta de quadros científicos, técnicos e políticos adequadamente preparados, o que contribui para uma dependência tecnológica e cultural, agravada pelo vertiginoso avanço da tecnologia verificado nos países pertencentes ao primeiro mundo.

Na América Latina, não são só os aspectos pedagógicos que impactam o progresso, mas também a falta de recursos econômicos e de bons educadores o que, entre outros fatores, contribui para a escassez de bons profissionais.

"Una situación de crisis podría definirse a partir del concepto de supresión, bien sea de servicios y oportunidades que, al aplicarse a la educación se caracteriza por la disminución de posibilidades de elección, calidad y cobertura de la función educativa y de la desventaja del sujeto adulto en su etapa económica productiva frente al número de los empleos vigentes y a las dificultades de acceso a una economía de servicios y mercado", (Escobar, 1992, p. 434).

Neste sentido, o movimento da economia mundial pode ser relacionado, diretamente, com a formação humana, através dos diferentes tipos de educação, o que estabelece, de fato, um conjunto de relações entre as dimensões produtivas, sócio econômicas e os processos de aprendizagem vinculados às instituições específicas que cumprem essa missão.

Segundo Iguñiz (1993, p. 17):

"A competitividade necessária faz com que seja urgente facilitar o aumento de produtividade do conjunto das atividades produtivas, priorizando-se, porém, a produção viável de bens e serviços em pequena e média escala em todo o país. Se requer criar e melhorar a infra-estrutura de transporte; acesso a tecnologias produtivas adequadas; descentralização do crédito para inversão; e educação básica e técnica gratuita e de qualidade".

Já na década dos 20, Mariategui(1928) afirmava, que:

"A solidariedade entre a economia e a educação revela-se, concretamente nas idéias dos educadores que verdadeiramente, se propuseram a renovar a escola. Eles que trabalharam realmente para uma renovação, consideram que a sociedade moderna tende a tornar-se uma sociedade, fundamentalmente, de produtores. A Escolha do Trabalho mostra um novo sentido de ensino, um princípio peculiar de uma civilização de trabalhadores".

Díaz (1993, p. 177) afirma:

"O aumento da população em idade de trabalhar demanda elevar substancialmente os novos postos de trabalho. Frente ao desemprego e subemprego os jovens buscam qualificar-se mais. Para satisfazer melhor a esta demanda de formação, as prioridades deveriam ser o estabelecimento da cooperação mútua entre a educação formal e a não formal, valorizando-se o ensino técnico a partir de um trabalho sério, com estratégias que não sejam unicamente fruto de entusiasmos políticos e/ou técnicos."

John Sculley citado por Chaves (1991, p. 19), coloca em relevo o grande desafio:

"Pensar na educação apenas como uma forma de transferência de conhecimento do professor para o aluno, como um despejar de informação de um recipiente para o outro, não é mais possível. Não se pode mais dar aos jovens uma ração de conhecimento que vai durar-lhes a vida inteira. Nem mesmo sabemos o que vão ser e fazer daqui a alguns anos. Os alunos de hoje não podem pressupor que terão uma só carreira em suas vidas, porque os empregos que hoje existem estarão radicalmente alterados no futuro próximo. Para que sejam bem-sucedidos, os indivíduos precisarão ser extremamente flexíveis, podendo assim, mudar de uma companhia para outra, de um tipo de indústria para outro, de uma carreira para outra. Aquilo de que os alunos de amanhã precisam não é apenas domínio de conteúdo, mas domínio das próprias formas de aprender. A educação não pode simplesmente ser prelúdio para uma carreira: deve ser um empreendimento que dure a vida inteira".

As inovações na educação resultam, portanto, em respostas que têm implicações nos avanços econômicos, na produção e nas novas formas de cultura, com a formação do homem através das instituições que tornam isso possível.

Considera-se que o papel inovador da tecnologia na educação não se baseia na presença física de máquinas ou suporte lógico mas sim na forma como a instituição, docentes e alunos, se utilizam das diversas ofertas para conduzir de maneira renovada os distintos processos relacionados.

“A qualidade como o próprio termo indica, é um elemento qualitativo relativamente complexo. Este é outro dos valores que se afirmam a cada dia no caminho que conduz à uma sociedade da informação, ou seja, a sociedade consumidora das grandes massas e de produtos e serviços em série, que está deixando para trás a produção individualizada e diversificada, com ênfase na qualidade. Na indústria, no setor econômico e empresarial observa-se um movimento definido e firme em busca de uma melhor qualidade de produtos e serviços. A diferença entre essa nova orientação e as concepções anteriores da qualidade é a de que a mesma passou de uma concepção fragmentária e parcial a uma total e integral”. (Juran, 1990).

Os produtos e serviços são concebidos, agora, como o resultado de processos complexos. Em cada processo e em cada fase de um processo pode haver um fator que favoreça ou cause obstáculos a obtenção da qualidade. A isto se chama de qualidade total, qualidade do processo como um todo e qualidade de cada parte do processo e de seus resultados os quais, de maneira sinérgica, contribuem na elaboração de um produto ou serviço de qualquer tipo.

“A educação pode ser modelada como um produto e um serviço, fruto de diversos sub-produtos complexos. Se estabeleceu no setor econômico um lugar para o conceito de qualidade total, o mesmo não se pode dizer com respeito ao setor educativo. É certo que, desde a muito tempo, se fala da qualidade na educação, se fazem esforços por definir o que seja a educação de maneira mais precisa e de definir o que seja essa qualidade de educação e das ações necessárias para melhorá-la. Estas ações, todavia, se concentram em alguns aspectos, apenas, do processo educativo, ignorando os demais. Melhoraremos a qualidade se formarmos melhor os professores, se trabalharmos sobre conteúdos, se empregamos uma nova tecnologia, etc. Esses objetivos seriam todos válidos se fossem estruturados dentro do conceito de qualidade total” (Silvio, 1992, p. 473).

O que é que tem a ver a tecnologia com a qualidade da educação? Pode a tecnologia gerar qualidade? Até o presente, o sistema educativo tem sido refratário e de resposta muito lenta à introdução de tecnologias de qualquer natureza. O argumento exibido por seus detratores é a

pretendida desumanização trazida pela tecnologia, sua característica simplista e o temor pelo eventual desemprego devido a seu uso. Essas resistências à tecnologia aplicada a educação foram reforçadas pelo fracasso de inovadores ingênuos e defensores fanáticos da tecnologia educativa, ou melhor dizendo, da mecanização dos meios tecnológicos na educação.

Com respeito à informática, vale dizer que a história de sua utilização com fins educativos tem obtido apenas alguns êxitos isolados, o que tem feito aumentar o ceticismo de docentes e investigadores.

Estas duas posições extremas dominam o cenário. Os refratários e os inovadores intransigentes. Ambas estão contagiadas por uma cegueira. Os primeiros por não enxergar nada mais além do que a tradição acadêmica e por refugiarem-se nos domínios do estabelecido o que requer menos esforço e, os segundos, por não enxergarem nada mais além do deslumbramento produzido pelos novos meios tecnológicos. Ambas as posições fracassaram. A primeira, a despeito da educação exigir mudanças imediatas e profundas, defende a manutenção de um 'status quo' assumindo uma posição acomodada. A segunda por tentar combater a ineficiência e a má qualidade da educação ignorando os mecanismos que movem o sistema, sem ter uma visão integral da inovação tecnológica e de sua inserção na educação (Silvio, 1992, p. 474).

Porque insistir na informática e na telemática como elemento motor da qualidade da educação? Um raciocínio de bastante bom senso pode responder a esta pergunta. De todos os sistemas que existem no universo, sejam físicos, biológicos, psicológicos ou sociais, o sistema educativo é aquele que mais troca informações com seu meio ambiente e pelo qual circulam e se utilizam o maior número de informações, se comparados com os domínios da energia e da matéria. A informação e o conhecimento são o elemento básico, multifuncional, no sistema educativo. São, por um lado, recursos que se utilizam para a aprendizagem sendo a aprendizagem, ela mesma, o processo de aquisição de estruturas de dados, informações e conhecimentos (DIC). Esses são elementos que se transformam no transcurso dos processos de ensino e aprendizagem e que, ao mesmo tempo, são

produtos desse processo pois os DIC que se transmitem mediante o processo de ensino permanecem transformados ao integrar-se a conjuntos mais completos de DIC, como resultado do processo de aprendizagem.

Segundo Tavares (1992, p. 491), nas últimas décadas, os processos grandes e generalizados de informatização do comércio, da indústria e serviços têm sido ditados por três fatores dominantes:

- Redução dos custos;
- A simplificação das atividades, podendo então utilizarem-se meios humanos especializados;
- A obtenção de vantagens competitivas face à concorrência (qualidade, rapidez, inovação, etc.).

Ora, é importante notar que nenhum destes fatores justifica a utilização dos meios informáticos no ensino porquanto:

- A introdução de tecnologias mais avançadas no ensino não tem sido responsável pela redução do seu custo já que, bem pelo contrário, não substituem as necessidades habituais dos meios docentes exigindo, ainda, outros recursos humanos complementares;
- O computador na sala de aula não simplifica o ensino mas sim torna-o mais exigente em termos de preparação, organização e coordenação;
- Em geral, o desenvolvimento dos sistemas educativos tem sido pouco pautado pela concorrência entre ofertas alternativas pelo que este objetivo não será também razão dominante para a introdução destas tecnologias, nos diversos níveis de ensino.

Observe-se ainda que as características dos equipamentos e da generalidade dos sistemas de operação e de software desenvolvidos, têm sido concebidos para o escritório ou para a oficina,

mas não para a sala de aulas. Ou seja, a introdução das tecnologias da informação no ensino tem justificações, dificuldades e complexidades diversas das identificadas nos outros setores.

Com efeito, crê-se que em geral, os grandes motivos pelos quais se pretende promover o desenvolvimento no ensino são expostos por Tavares (1991, p. 491):

- Aumentar a motivação dos alunos despertando mais interesse e curiosidade pelo ensino;
- Reduzir assimetrias de qualidade média do ensino e da aprendizagem;
- Reduzir assimetrias de qualidade garantindo a utilização de certos módulos de ensino com qualidade semelhante em diversas escolas;
- Apoiar sistemas de educação à distância.

Estas razões exigem uma análise mais pormenorizada, já que tais melhorias resultam dos diversos papeis que o computador pode desempenhar na sala de aulas, a saber:

1 - Tutor

Se for utilizado para ministrar conhecimentos pré-definidos segundo processos sequenciais mais ou menos interativos e adaptativos.

2 - Interpelador

Se desempenhar a função de questionar o aluno, ampliando e estimulando sua curiosidade.

3 - Fornecedor de dados

Se se constituir em base de dados respondendo às necessidades de consulta tradicionalmente satisfeita pelos meios bibliográficos.

4 - Processador

Se receber, processar e fornecer dados provenientes ou destinados a outros equipamentos visando designadamente o ensino laboratorial experimental ou o arquivo e a consulta documentais.

5 - Comunicador

Se desempenhar o papel de instrumento de comunicação, permitindo o diálogo ou o trabalho em equipe entre alunos da mesma turma ou entre turmas de escolas, regiões ou países diferentes.

6 - Simulador

Se simular o comportamento de sistemas físicos, sociais, econômicos ou políticos em função dos princípios que regem a dinâmica desses sistemas e para as condições específicas de experimentação fornecidas pelo utilizador.

7 - Perito

Se possuir a capacidade de analisar a situação apresentada, ponderar as alternativas decisórias conhecidas e recomendar uma ou mais preferíveis em função dos objetivos que se pretendem atingir.

8 - Avaliador

Se comparar o produto do trabalho do aluno com um conjunto de respostas corretas ou ações previamente definidas.

Cada um destes papéis deverá ser integrado de forma diversa nos processos de ensino considerando as suas funções estratégicas próprias e os recursos e atores específicos que serão necessários. Apesar da grande variedade de utilizações possíveis para o computador no ensino, as

suas principais funções estratégicas poderão, talvez, serem sintetizadas nas classes seguintes (Rafael, Tavares, 1991):

a - Condução do processo de ensino-aprendizagem

Qualquer processo desta natureza necessita de condução, a qual escolhe a trajetória pedagógica com maior ou menor flexibilidade e participação do(s) aluno(s).

b - Informação

Esta função consiste em informar o aluno sobre problemáticas e realidades importantes para os objetivos pretendidos.

c - Representação

O estudo de qualquer tema implica o domínio de sistemas mais ou menos vastos, intrincados e complexos para representarem as realidades tratadas.

d - Explicação

Aqui inclui-se vasta gama de sub-funções visando ensinar as estruturas conceituais e lógicos do assunto tratado, designadamente, as suas lógicas predicativa e relacional. Nesta última, convém distinguir as lógicas meramente associativas das dedutivas e indutivas e nestas as que permitem inferir com ou sem risco (respectivamente, indução determinística ou inferência aleatória ou incerta).

e - Interação

Esta função visa ensinar todo o sistema de protocolos e de lógicas procedimentais essenciais à interação do aluno como meio (físico e social), dando-se especial atenção às capacidades adaptadas às diversas atividades profissionais.

f - Caracterização da progressão conseguida pelo aluno ou um grupo de alunos

Essa é uma função importante em qualquer processo de ensino/aprendizagem. Esta função tem papel diferente da avaliação, dado que a avaliação respeita a aquisição de conhecimentos por parte dos alunos, e a caracterização da progressão visa avaliar o processo e os resultados do processo de ensino/aprendizagem.

Em geral, poder-se-á dizer que qualquer dos papéis apresentados anteriormente como possíveis para o projeto do computador no ensino, contribui para a totalidade das funções estratégicas referidas. Todavia, alguns papéis apresentam uma incidência especialmente forte em uma ou mais destas funções o que pode ser sintetizado no quadro 1, (Tavares, 1992, p. 491).

Quadro 1 : Funções estratégicas para os diversos papeis desempenhadas pelo computador no ensino

Funções estratégicas para os diversos papeis desempenhadas pelo computador no ensino						
Função Papel	Condução	Informação	Representação	Explicação	Interação	Caracterizaçã o
Tutor	A	A		A e/ou	A	A
Interpelador			A	A	A	
Fornecedor de Dados		A				
Processador					A	
Comunicador		A	A		A	
Simulador		A	A			
Perito/Conse- lheiro		A	A	(A)		
Avaliador						A
Nota: Indica-se por A os casos em que a contribuição é especialmente elevada						

Fonte : Tavares (1992) (Fernandez, Kumpel, Lopez, Villa, 1992, p. 335).

Convém observar que a função merecedora de um maior número de contribuições especialmente altas é a de informação logo seguida da representação, tal como se poderia prever.

Note-se também que os papéis de tutor, interpelador e comunicador são, por certo, os que cobrem uma gama mais vasta de funções.

E evidente que existe sempre a possibilidade de identificar situações distintas das referidas tais como o caso de peritos com fortes componentes explicativas(A) embora a linha mais habitual destes sistemas (sistemas periciais) seja bastante pobre no que concerne ao seu poder explicativo.

A evolução dos equipamentos no que respeita a disponibilização de maiores capacidades de memória em máquinas de pequeno porte, a integração de sistemas distintos (computador CD-ROM, VCR, etc.) e o desenvolvimento de novos ambientes de programação permitem prever o lançamento de produtos aptos a desempenharem um leque mais vasto de papeis e a oferecerem maiores níveis de eficiência face às funções didáticas pretendidas.

Finalmente, consideramos conveniente citar a definição que brilhantemente faz Maturana (1990, p. 26) sobre o termo Educar:

"O educar se constitui no processo pelo qual a criança e o adulto convivem com o outro e, ao conviver com o outro, se transformam espontaneamente, de maneira que seu modo de viver se faz progressivamente mais congruente com o do outro no espaço de convivência. O educar ocorre, portanto, todo o tempo; de maneira recíproca, como uma transformação estrutural contingente a uma história de convivência da qual resulta que as pessoas aprendem a viver de uma maneira que se configuram segundo o conviver da comunidade donde vivem. A educação como 'sistema educacional' configura um mundo e os educandos confirmam pelo seu viver o mundo que viveram em sua educação. Os educadores, por sua vez, confirmam o mundo que viverão ao serem educados e ao educar".

1.1 - Relevância econômica e social do problema

Os recursos da informática têm-se disseminando na educação, na medida em que se verifica a tendência gradativa de incorporação das novas tecnologias da informação na sociedade e, em particular, as novas formas de concepção e organização do trabalho.

A informática, por ser uma ferramenta cada vez mais presente no processo de trabalho, é uma tecnologia de apoio à aprendizagem, tem a potencialidade de vir a ser uma das mediações nas complexas relações entre educação e trabalho. Esta tecnologia poderá, ainda, auxiliar na promoção de mudanças que a escola necessita imprimir em seu cotidiano.

Estas potencialidades da informática devem ser enfatizadas, quando se propõe sua larga utilização nos sistemas educacionais. Entretanto, deve-se ter presente que em países não desenvolvidos, os computadores estão entrando de forma pesada nas escolas particulares. Esta introdução legítima e amplia as desigualdades de acesso de grandes contingentes de alunos das escolas públicas, em geral oriundos das camadas sociais menos favorecidas aos avanços científicos e tecnológicos circulantes nas sociedades. Dessa forma, o uso de computadores na rede pública de ensino é também uma das formas de evitar que sejam reforçadas as injustiças sociais tão comuns nos países de terceiro mundo.

Também é necessário fazer referência à carência de software educativo adaptado para a realidade Latino-Americana e de países do terceiro mundo em geral, em contraposição a cada vez maior possibilidade de acesso a um microcomputador pelo cidadão comum face aos custos cada vez menores desta tecnologia.

Segundo Franciosi e Marçada (1992, p. 52), a tecnologia dos computadores sozinha no ensino é nada. Seu uso aliado a Livros, Gráficos, Mapas e tantos outros recursos educacionais é o que realmente deve ser enfatizado.

É necessário destacar que o computador, dotado de software educativo "Inteligente", é uma opção educativa que permitiria o acesso à educação de um número maior de educandos, a custos razoáveis, devido a que o professor contaria com uma ferramenta que o livraria dos trabalhos repetitivos e cansativos para dedicar esse tempo a uma atividade criativa e de atenção ao aluno.

Algumas pesquisas desenvolvidas na UFSC, sugerem o uso de ambientes Hipertexto e do conceito de Flexibilidade.

- Segundo Mielke (1991), um sistema EIAC deve ser flexível e prover várias formas de apresentação dos conhecimentos. Naturalmente, as seqüências dos nodos para cada forma de apresentação deverão ser informadas ao sistema, a partir dos planos vindos do ergonômista e do pedagogo.

Nas conclusões do seu trabalho, Mielke (1991) assinala o seguinte:

"h) O desenvolvimento de um sistema flexível de aquisição de conhecimento representaria um avanço ímpar na construção de um sistema EIAC".

Finalmente, Mielke (1991) propõe nas sugestões de futuros trabalhos, o ponto que diz o seguinte:

"a) O desenvolvimento de sistema flexível de aquisição de conhecimento".

1.2 - Objetivos gerais e específicos

1.2.1 - Objetivo geral

Propor um modelo de sistema de geração de Materiais Educativos Computadorizados. Este modelo englobará aspectos de Inteligência Artificial, Ergonomia e Multimídia.

1.2.2 - Objetivos específicos

- a) Superar o grande problema dos EIAC, sua rigidez com relação à aquisição de conhecimentos, para elaborar Materiais Educativos Computadorizados;
- b) Desenvolver e utilizar didática especial que dê flexibilidade à aquisição desses conhecimentos, dentro dos princípios da psicologia cognitiva;
- c) Incorporar os conceitos da ergonomia cognitiva e de interface homem máquina como um fator fundamental para o sucesso do modelo;
- d) Incorporar ao modelo a utilização de tecnologia moderna para a aquisição de dados, o tratamento destes mesmos dados e sua utilização pelo usuário do sistema;
- e) Utilizar um ambiente Multimídia para adquirir e representar os conhecimentos, devidamente divididos em elementos básicos.

1.3 - Hipóteses

1.3.1 - Hipóteses subjacentes

- A Engenharia sofre uma mudança transcendente ao incorporar o computador como ferramenta. Isto cria a necessidade de uma mudança na educação e formação do engenheiro, atividade na qual se envolveria tanto o desenvolvimento de software educativo, como a forma de ensinar a planejar e resolver problemas com a ajuda do computador.
- Uma das soluções dos problemas na educação, tanto na básica como na contínua, apontam para as "Tecnologias de Informação e Comunicação" e os 'Hipermedia', posto que são ferramentas que podem oferecer uma resposta satisfatória à flexibilidade, personalização, interatividade e qualidade no ensino. Os caminhos a seguir tratam da utilização do livro e da aula eletrônica.
- Os novos meios tecnológicos usados para a educação, não são em si mesmos uma finalidade. Pode-se dizer que são uma nova "Tecnologia educativa", mas a base e centro de ensino segue e seguirá sendo sempre o ser humano: aluno e professor.

1.3.2 - Hipótese geral

Seria conveniente desenvolver novos modelos educacionais para oferecer novas oportunidades. O novo sistema de educação, para ser mais efetivo, deve permitir a flexibilidade e a autonomia dentro de um conceito de educação permanente.

1.3.3 - Hipóteses de trabalho

- O projeto de um modelo de sistema flexível de aquisição de conhecimentos forneceria uma valiosa ferramenta para o ensino assistido por computador, especialmente no que se refere à "fabricação de cursos ou materiais educativos computadorizados";
- O software inteligente de ensino assistido por computador mais apropriado, será aquele que se adapte às características cognitivas e necessidades de cada indivíduo e de cada turma de indivíduos;
- A incorporação dos conceitos da Psicologia Cognitiva e da Ergonomia de Software no desenho de um modelo de sistema flexível de aquisição de conhecimentos, possibilitaria a generalização de seu uso e por conseguinte uma maior eficiência deste.

1.4 - Metodologia

O objetivo desta dissertação é contribuir com a proposta de um modelo de Sistema Gerador de Materiais Educativos Computadorizados.

Para atingir este objetivo, foi realizada uma exaustiva pesquisa bibliográfica (período 1960 a 1994), revisando-se os aspectos relacionados com a Inteligência Artificial, a Psicologia Cognitiva, a Ergonomia de Software e a Informática Aplicada a la Educação, Análise Baseado em Objetos e as ferramentas que possibilitem a programação do modelo em ambiente C++.

Se propõe o modelo Gerador de Materiais Educativos Computadorizados em ambiente baseado em objetos, usando a notação de Análise Baseada em Objetos (OOA) desenvolvida por Coad e Yourdon (1989).

1.5 - Estrutura da dissertação

O **Capítulo 2** apresenta revisão do histórico dos desenvolvimentos e o estado de arte.

O **Capítulo 3** contém os sistemas vivos como unidades autônomas. Trata-se, também, de seus processos de acoplamento com outras unidades e das implicações gnoseológicas dentro do domínio de todas as deformações que uma unidade autopoietica pode experimentar sem perder sua identidade.

No **Capítulo 4** é feita uma revisão bibliográfica sobre cognição, de como representar o conhecimento que possui uma pessoa, baseado no que atualmente se conhece como Engenharia do Conhecimento.

No **Capítulo 5** é feita uma revisão bibliográfica sobre Materiais Educativos Computadorizados em ambiente Multimídia.

No **Capítulo 6** é feita uma revisão bibliográfica sobre Multimídia e Interface Homem Máquina

No **Capítulo 7** é feita uma revisão bibliográfica sobre as Arquiteturas de Sistemas EIAC.

No **Capítulo 8** é feita uma revisão bibliográfica sobre as produções de multimídia e é apresentado o Modelo de Gerador de Ambientes Didáticos Multimídia.

No **Capítulo 9** são apresentadas as conclusões e sugestões para futuros trabalhos.

2 - HISTÓRICO DOS DESENVOLVIMENTOS E ESTADO DA ARTE

2.1 - Histórico dos desenvolvimentos

A seguir, será efetuada uma revisão histórica da tecnologia em educação, do hardware de suporte de multimídia e dos ambientes baseados em objetos.

2.1.1 - Tecnologia e educação

O uso da televisão para fins educativos, bem como o uso de fitas de vídeo com finalidades educacionais, já são bastante “antigos”.

Nos Estados Unidos, a televisão educativa data do início da década de 50, tendo as primeiras estações começado a operar em Houston, Texas, e Pittsburgh, Pensilvânia, em 1953 e 1954, respectivamente (Chaves, 1991, p. 15).

No Brasil, a televisão educativa data do início da década de 80, havendo atualmente, estações em todos os Estados da federação. Algumas delas são ligados a universidades oficiais, outras a governos estaduais, outras vinculadas diretamente ao Ministério de Educação. Até uma fundação para coordená-las já existiu (a FUNTEVÊ, Fundação Centro Nacional de Televisão Educativa, extinta no início do governo Collor, em 1990). Há cerca de vinte anos um programa de educação a distância, usando televisão educativa (o Projeto SACI), foi idealizado, sob a coordenação do então Departamento de Tecnologia Educacional do Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE), de São José dos Campos, vinculado ao Centro Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), do governo federal. Em São Paulo, mais recentemente, a TV Cultura, da Fundação Padre Anchieta (uma fundação do governo estadual), vem sendo utilizada para programas educativos voltados para aperfeiçoamento de professores, ao lado daqueles tradicionalmente voltados para a educação de crianças, adolescentes e jovens (Chaves, 1991, p. 15).

O uso de vídeo na educação também vem sendo promovido há uns 20 anos, fora e dentro do Brasil (Ribinick, Roschke, 1983, p.14).

Existe mesmo no Brasil uma associação Brasileira de Tecnologia Educacional (ABT), fundada em 1971, entidade privada, de caráter científico, sem fins lucrativos, cujo objetivo é promover a tecnologia educacional, e que publica a revista Tecnologia Educacional, na qual freqüentemente aparecem artigos sobre o uso educacional da televisão e de vídeos.

Segundo Picard & Braun (1987), as primeiras experiências de informática no ensino ocorreram a mais de vinte anos. Elas surgiram com a conjunção do trabalho de psicólogos e do desenvolvimento dos computadores.

O uso de computadores na educação, através de modalidades como *Computer-Assisted Instruction* (CAI) ou *Computer-Assited Learning* (CAL), já vem acontecendo do início da década de 60, no exterior, e em menor grau, aqui no Brasil (Chaves, 1991, p. 15).

As aplicações educativas da tecnologia do computador surgiram desde os primeiros anos da década do 60. Estas aplicações incluíam programação de cursos, instrução apoiada por computador, realização de provas, simulação de modelos e processos, assim como desenvolvimento de tutoriais mediante o uso de linguagens de programação ou linguagens e sistemas de autoria.

Os três enfoques fundamentais das aplicações do computador através do tempo tem sido (Corredor, 1989, p. 41):

a - O de imersão no entorno.- O aluno tem liberdade para interagir com o computador usando-o na solução de seus problemas. Para tanto deve conhecer alguma linguagem que lhe permita programar o computador.

b - Uso de jogos e simulação.- O aluno, mediante um jogo ou experimento simulado, prova, adquire ou declara conceitos e desenvolve habilidades.

c - Instrução assistida por computador (IAC).- Intenta motivar e controlar a aprendizagem de uma matéria mediante o desenvolvimento de programas de instrução.

Os primeiros programas desenvolvidos na linha dos IAC aplicam esta metodologia: apresentação do material de estudo, perguntas com respostas breves, análises de respostas, diagnóstico do aluno e apresentação de um material de apoio, se necessário, ou apresentação de novo material.

Desenvolvimentos posteriores de IAC incorporam o conceito de individualização da instrução, em que o material e os exercícios dos cursos se adaptam às necessidades, interesses e nível de conhecimento do aluno.

Ao final da década dos 60 e primeiros anos da década dos 70, os investigadores sobre usos educativos do computador, passaram a ver com esperança a aparição da inteligência artificial (IA). Ao mesmo tempo se reconhecia que os cursos produzidos em IAC desenvolvidos até o momento eram rudimentares e um pouco forçados.

As aplicações do tipo IAC têm sido limitadas, até agora, a usar o computador, basicamente, como um livro eletrônico. Páginas de texto são apresentadas na tela, às vezes com ilustrações gráficas e animações. Apesar de possuir alguma liberdade no tocante à seqüência em que pode ter acesso ao material, o aluno é obrigado a se ater aos objetivos educacionais e ao conteúdo fixado para o programa. Ele aprende aquilo que o professor da matéria, com o auxílio do *instructional designer*, decidiu que ele deveria aprender, e é avaliado para que se possa aferir quanto do material apresentado assimilou.

“No caso de IAC, bem como no das primeiras aplicações de multimídia, o modelo instrucional adotado é o de um professor que transmite informações ao aluno. Isso de certa forma, era de se esperar, visto que é simplesmente a manutenção do modelo de educação utilizado na sala de aula. Ten-se aqui, portanto, um exemplo claro de **reembalagem**”, (Chaves, 1985, p. 18).

Embora não se possa negar que haja situações, como em treinamento médico, militar, ou mesmo industrial, em que a transmissão de informações e aprendizagem extremamente estruturada são desejáveis, também é forçoso reconhecer que esse modelo, enquanto modelo educacional, precisa ser repensado:

“Está na hora de efetuar uma mudança de paradigma. O novo modelo para programas instrucionais talvez deva se pautar mais pelo papel do bibliotecário ou especialista em sistemas

de informação do que pelo do professor típico: o seu “design” deve ser mais aberto e menos estruturado” (Chaves, 1991, p. 19).

Por que se recorreu à Inteligência Artificial (IA)? Uma análise dos programas tradicionais para IAC assinala as seguintes limitações (Ford, 1984):

- Incapacidade para orientar diálogos na linguagem natural.
- Incapacidade para compreender a matéria que se está ensinando no sentido de que o programa não pode aceitar perguntas nem antecipá-las.
- Incapacidade para compreender a natureza dos erros dos estudantes.
- Incapacidade para sacar proveito da experiência dos estudantes ou experimentar com a estratégia de ensino.

Estas limitações se derivam, em boa medida, da forma como se representa e organiza o conhecimento da matéria e da ausência de conhecimento pedagógico especialista nos programas tradicionais para IAC.

Estas falhas tem sido abordadas como problemas de IA por alguns investigadores que apresentavam expectativas quanto as técnicas de representação de conhecimento, método de inferência e estratégias de controle, acreditando que estas seriam ferramentas importantes para superar estas limitações e lograr a criação de Sistemas Tutoriais Inteligentes (STI).

Nos anos setenta começou-se a falar e a desenvolver os STI (Sistemas Tutoriais Inteligentes) e é Carbonell (1970), em 1970, que define este segundo tipo de IAC que é conhecido como IAC baseada em conhecimento; ou IAC inteligente. Aos primeiros usos de técnicas de IA em IAC se lhes chamou IAC GERADORA, pois os sistemas desenvolvidos teriam

capacidade para gerar problemas a partir de uma grande base de dados que conteria a matéria de estudo.

Porém os STI assinalados por Carbonell, eram mais que simples geradores de problemas, deviam oferecer o que Brown (Corredor, 1989, p. 43) chama de entorno de aprendizagem reativa, no qual o programa de instrução se encarrega do treinamento de estudante e, o diálogo tutorial orienta a instrução segundo os conhecimentos, interesses e conceitos errôneos do estudante.

Koffman e Blount (Corredor, 1989, p. 43) e outros investigadores assinalam além disso, que um STI deve ser capaz de deduzir hipóteses baseadas na história de erros do estudante, para encontrar qual é a causa real de suas dificuldades.

Para o desenvolvimento dos STI, os investigadores tem empregado técnicas de IA sobre a compreensão de linguagem natural, representação de conhecimento, métodos de inferência e técnicas de aprendizagem. Além disso, citamos algumas aplicações específicas como simplificação algébrica, integração simbólica, diagnostico médico, solução de problemas e prova de teoremas.

Novos desenvolvimentos dos STI, se caracterizam pela inclusão de experiência adicional relacionada com o entorno de aprendizagem do estudante e métodos e técnicas de ensino. Com estas novas características se tem desenvolvido sistemas mais flexíveis, adaptados aos interesses do estudante e com métodos pedagógicos que facilitam o processo de aprendizagem.

O chamado Projeto EDUCOM, iniciado em 1983, resultou do interesse da sociedade brasileira em conhecer as contribuições da informática no processo de ensino aprendizagem e os benefícios decorrentes da utilização desse recurso na educação (Mercado, 1992, p.289). Instigado pela antiga SEI (Secretaria Especial de Informática), e levado adiante, precariamente, pelo Ministério da Educação, inicialmente através da FUNTEVÊ, envolveu, a partir de 1984, a criação

de centros pilotos de informática na educação em cinco universidades públicas brasileiras. a Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), do Rio de Janeiro (UFRJ), de Minas Gerais (UFMG) e do Pernambuco (UFPE); que visam subsidiar e preparar a escola pública para a utilização dessa nova tecnologia, contribuindo, à nível de Sistema Educacional Brasileiro, para a criação de uma cultura nacional de informática na educação, possibilitando o uso adequado, centrado na realidade da escola pública (Chaves, 1991, p.15).

“A partir daí, com o processo da informatização da sociedade avançando rapidamente, tornou-se a informática cada vez mais presente na sociedade, produzindo impacto nas diferentes esferas, justificando a incorporação pela educação desse processo tecnológico e cultural, visando a transmissão do saber e a preparação do indivíduo para a vida em sociedade”, (Mercado, 1992, p. 289).

2.1.2 - Tecnologia digital e multimídia

A Commodore Business Machines (Sheen, 1991, p.50), que introduziu o conceito de Multimídia no mundo dos computadores, através do microcomputador Amiga, define multimídia como

"Um método de projetar e integrar tecnologias de computador em uma só plataforma, de maneira a permitir, ao, usuário final, criação, manipulação e utilização de textos, gráficos, áudio de vídeo, com uso de uma só interface de usuário".

Segundo Rosenberg (1993, p.16):

“O que hoje é chamado de ‘multimídia’ já está disponível nos computadores Macintosh desde a década de 80. Esses computadores sempre usaram sons em seus aplicativos e possuíam monitores coloridos capazes de exibir um mínimo de 256 cores na tela, de acordo com o padrão MPC (Especificação de Hardware para PCs Multimídia). Apesar de todas essas vantagens, a utilização da multimídia na computação nunca chegou a ganhar aceitação generalizada entre os usuários de PCs antes do anúncio da especificação MPC”.

As especificações de hardware para PCs multimídia (MPC) foi elaborada pela Microsoft juntamente com um grupo de fabricantes de computadores pessoais. Esse grupo constituiu o Multimídia PC Marketing Council, com o objetivo de criar padrões de hardware, orientar os usuários finais e apoiar o desenvolvimento de produtos multimídia.

É oportuno mencionar que multimídia, como caracterizada aqui, só teve condições de aparecer no momento em que as tecnologias de edição, impressão de textos, de gravação e transmissão de sons e imagens, de telecomunicações e de processamento de dados alcançaram a fase da eletrônica digital. Essas tecnologias atravessaram uma fase mecânica, e, posteriormente, uma fase elétrica nas quais pouca coisa tinham em comum. Foi só ao alcançar a fase digital que se aproximaram e estão se integrando. E o computador, máquina digital por excelência, está no centro de todas elas.

É a esse conjunto de tecnologias, envolvendo mídias que apelam a mais de um sentido de um só vez, operando de maneira integrada, intuitiva e interativa, sob a coordenação do computador que o termo "multimídia" é, hoje, normalmente aplicado.

2.1.3 - Programação baseada em objetos

A orientação ao objeto não é um conceito novo, seu roteiro pode ser rastreado pela Noruega, no início dos anos 60, em conexão com uma linguagem chamada Simula-67, desenvolvida por Kristen Nygaard e Ole-Johan Dahl no Centro Norueguês de Computação. A Simula-67 apresentou pela primeira vez os conceitos de classes, rotinas correlatas e subclasses muito parecidos com as atuais linguagens objeto-orientadas. A Simula-67 demonstrou a potência da modelagem de uma linguagem de programação baseada em classes, assim como a idéia da possibilidade de armazenar, junto, dados e operações. Ela trouxe o reconhecimento de que o esforço de programação poderia ser economizado, se propriedades comuns a objetos pudessem ser pré-programadas. Nos anos 70 cientistas que trabalhavam na Xerox Palo Alto Research Center (Xerox PARC) criaram a Smalltalk, a primeira linguagem orientada para objeto. Nesta linguagem, seus elementos são implementados como objetos. Todos os aspectos da linguagem, o ambiente de programação e a cultura envolvida foram objeto-orientados e, até hoje, é considerada a mais pura destas linguagens. Os desenvolvimentos da Simula-67 e do Smalltalk ajudaram em muito o trabalho que se faz atualmente (Winblad, Edwards, King, 1992, p. xx).

Enquanto isso, o resto do mundo usava linguagens tais como COBOL e FORTRAN, e métodos de decomposição funcional para o tratamento de problemas de projeto e implementação. Havia pouca, ou nenhuma, discussão sobre o projeto baseado em objetos, e virtualmente nenhuma discussão sobre análise baseada em objetos.

Nos anos 80, a linguagem C tornou-se uma linguagem popular de desenvolvimento, não só para microcomputadores como para diversas arquiteturas e ambientes. No final da última década, Bjarne Stroustrup, da AT&T Bell Laboratories, expandiu a linguagem C, criando a C++, que suporta programação objeto-orientada. Com o C++, foi facilitado o uso desse paradigma de

uma forma mais popular e familiar, sem a necessidade de investir em linguagens e ambientes diferentes.

O incremento da complexidade tecnológica, entretanto, é o acelerador paralelo para o uso do paradigma. A orientação ao objeto oferece o melhor caminho no manejo de complexidade tecnológica, já que permite programar com alto nível de abstração -do objeto para a classe e para a biblioteca de classes

Quatro alterações ocorreram na década passada, e são agora, nos anos 90, fatores importantes (Coad, Yourdon, 1992, p .5):

Os conceitos básicos de um enfoque baseado em objetos tiveram uma década para amadurecimento, e a atenção mudou gradualmente de considerações sobre codificação, para considerações sobre projeto e análise.

A tecnologia básica para elaboração de sistemas tornou-se mais poderosa. Geralmente a forma de analisar um sistema é influenciada por idéias preconcebidas sobre como projetá-lo para atendimento de seus requisitos; as idéias sobre projeto são influenciadas por idéias preconcebidas sobre como fazer uma codificação; e as idéias sobre codificação são fortemente influenciadas pelas linguagens de programação disponíveis. Era difícil pensar em codificação baseada em objetos quando as linguagens disponíveis eram COBOL, FORTRAN ou C; isto ficou mais fácil com o C++, Objective-C, Smalltalk e Ada.

Os sistemas elaborados hoje são diferentes do que eram há dez ou vinte anos. Em todos os aspetos, são maiores e mais complexos; também são mais voláteis e sujeitos a alterações constantes. Além disso, os atuais sistemas interativos e *on-line*, dedicam muito mais atenção à interface com o usuário do que os antigos sistemas de processamento *batch* baseados em texto dos anos 60 e 70. Bill Joy da Sun Microsystems, argumenta que aproximadamente 75% da codificação em um sistema moderno pode estar relacionado à interface com o usuário (ex.,

manipulação de janelas, menus pull-down, ícones, movimentos de mouse, etc.); isto é evidente na interface gráfica com o usuário disponível no Apple Macintosh, IBM OS/2 Presentation Manager e Microsoft Windows. Um enfoque baseado em tais sistemas - desde a análise até o projeto e a codificação - é uma forma mais natural de abordar tais sistemas voltados para usuários.

Muitas organizações consideram os seus sistemas atuais mais “baseados em dados” do que os sistemas elaborados nos anos 60 e 80. A complexidade funcional é menos considerada do que antigamente; a modelagem de dados tornou-se prioritária.

2.2 - Estado de arte

Os usos mais complexos da multimídia relacionam a tecnologia ao processo produtivo, ou à atividade da empresa usuária com o objetivo de aumentar vendas ou facilitar a comunicação com o público.

A convergência entre a informática e a eletrônica de consumo estimulada pelas aplicações de multimídia entra numa nova fase a partir de 1994, quando deverão começar a funcionar os primeiros balões de ensaio do que é conhecido como *information superhighway*, ou superestrada da informação.

“O projeto atrai empresas de telecomunicações, fabricantes de produtos de informática, fornecedores de serviços de TV a cabo e companhias de equipamentos de eletrônica de consumo e propõe estabelecer uma enorme rede de comunicações, usando cabos de fibra óptica e transmissões de dados sem fio para interligar residências, empresas e comunicadores pessoais a uma teia de serviços digitais que vão circular pela rede em alta velocidade”. (Bassi, 1994b, p.11).

A *information superhighway* é a materialização da aldeia global de Marshall McLuhan citado por Bassi (1994b, p. 12):

“De suas casas, através de um console inteligente ligado à TV, os consumidores vão poder fazer compras em shoppings eletrônicos, ordenar filmes digitais a qualquer hora do dia, usar sistemas de telefone com imagem a receber jornais eletrônicos. A previsão é que essa TV interativa irá oferecer 500 canais diferentes de programação, mais do que nossos modestos controles remotos podem abranger hoje. Isso mudará radicalmente a vida das pessoas em todo o mundo. Será a nova biblioteca de Alexandria, prediz Larry Ellison, presidente da Oracle Corporation é um dos mais poderosos pavimentadores dessa estrada digital”.

Os PCs multimídia podem ajudar a substituir montanhas de papel por informações digitais que podem ser consultadas, editadas e copiadas. A crescente popularidade da multimídia no campo da informática está estimulando o aprimoramento das técnicas de captação de imagens. Como os MPCs possuem, no mínimo, um monitor SVGA (Super VGA), os documentos capturados com *scanners* podem ser exibidos na tela com mais nitidez. Os usuários podem transformar arquivos inteiros em imagens digitais disponíveis a qualquer momento (ao invés de montanhas de papel espalhadas pelo escritório). Em vez de se comunicarem através de memorandos, colegas de trabalho podem enviar mensagens através do correio eletrônico, inclusive documentos compostos contendo imagens, áudio e vídeo (ou animações). Pode-se utilizar ilustrações e imagens de vídeo no lugar de texto, o que diminuiria o consumo de papel. O custo das comunicações postais tende a diminuir à medida que as informações on-line ganhem maior aceitação.

Embora o uso de multimídia na computação possa nos aproximar do conceito do escritório “sem papéis”, ele também introduz novos desafios (Rosenborg, 1993, p. 18):

“A segurança dos arquivos tende a se tornar mais crucial do que é atualmente, à medida que as empresas passem a elaborar novos métodos de proteção para suas informações confidenciais. Novos protocolos de comunicação em rede devem ser adotados para lidar com a largura de

faixa necessária para a transmissão de mensagens de vídeo e áudio. O custo individual do hardware para montar uma estação de trabalho tende a aumentar (embora isto possa ser compensado pela redução nos custos de impressão); o custo dos servidores de arquivos utilizados no gerenciamento de diversos tipos de mídia também tende a aumentar o preço de instalação de uma rede que possa lidar com multimídia”.

De outro lado, na verdade, não é a escola, que cada vez mais procura deter o monopólio da educação que está promovendo a revolução que nos está levando da sociedade industrial para a sociedade da informação. Longe de estar na linha de frente desse processo de mudança (Tardy, 1976):

“A escola vem, muito a contragosto, a reboque. Com pouquíssimas (mas honrosas) exceções, a escola (inclusive a universidade) é uma instituição extremamente conservadora, reacionária mesma. Seus professores (a despeito de confissões de fé ideológicas pretensamente progressistas), preferem morrer a mudar sua maneira de ver e fazer as coisas e, portanto, de ensinar”.

Nenhuma escola, nem mesmo as mais informatizadas, esta procurando ensinar aos alunos, atualmente, as competências e habilidades básicas de que eles precisam para atuar na sociedade da informação. Apenas incorporar multimídia à educação regular é virtualmente inútil, pois a escola regular tornou-se anacrônica e obsoleta: torná-la mais eficiente, enquanto outras coisas ficam iguais, é apenas torná-la mais eficientemente irrelevante (Mandell, 1990, p. 39).

“Familiarizar as crianças com a tecnologia é importante, mas não basta. É preciso também que elas aprendam a pensar e a se exprimir com clareza e objetividade; que compreendam que há uma diferença essencial entre absorção passiva de fatos e assimilação criativa de informação; que saibam avaliar e criticar as informações que recebem; que percebam que o conhecimento pode e deve traduzir em ação; que entendam e assimilem o processo de tomada de decisão; que saibam lidar eficaz e eficientemente com mudanças rápidas e situações novas; que se compenetrem do fato de que a aprendizagem e, por conseguinte, a educação, é um processo que se estende pela vida toda, no qual o papel da escola é relativamente pequeno e

insignificante: a parcela principal de responsabilidade pela aprendizagem é sempre da própria pessoa”, (Chaves, 1991, p. 23).

É necessário, portanto (Saviani, 1991):

“Investigar o processo de mudanças que está em curso para verificar como multimídia pode atuar de maneira educacionalmente positiva no preparo das pessoas para viver, trabalhar, e se realizar na sociedade que se descortina. Não basta usar multimídia para ensinar as mesmas coisas de sempre, da mesma maneira de sempre, só que agora com o auxílio do computador e do vídeo, porque o problema não é apenas que os métodos usados na escola sejam inadequados: os próprios conteúdos ensinados estão ultrapassados e anacrônicos”.

Segundo Chaves (1991, p.23).

“É preciso mudar radicalmente o modelo de educação vigente, substituir o paradigma. É necessário substituir o ensino centrado em conteúdos pela criação de ambientes ricos em possibilidades de aprendizagem, em que os alunos possam analisar os processos, desenvolver as competências, compreender os valores, que, em seu conjunto, os capacitarão para um aprendizado permanente, numa sociedade em constante mudança. E isso deve ser feito de uma forma que desafie, envolva e motive os alunos”.

É nesse contexto que se insere a multimídia.

Finalmente, a multimídia é uma tecnologia que chegou para ficar e se multiplicar, isto por que já existe um enorme envolvimento dos gigantes do setor. Graças a ela, acreditam estrategistas como Bill Gates, da Microsoft, a informática poderá dar seu grande salto, tronando-se um eletrodoméstico tão simples e comum como são hoje os videocassetes e os fornos de microondas. “A multimídia vai ajudar a colocar um computador em cada casa até o final desta década”, previu Gates (Bassi, 1994a, p. 7).

3 - DE MÁQUINAS E SERES VIVOS

Neste capítulo, descreve-se os sistemas vivos como unidades autônomas. Trata-se, também, de seus processos de acoplamento com outras unidades e das implicações gnoseológicas¹ dentro do domínio de todas as deformações que a unidade autopoietica pode experimentar sem perder sua identidade.

3.1 - Autopoiésis

Para Maturana e Varela (1972, p. 17), entre as máquinas, existem aquelas que mantêm algumas de suas variáveis constantes dentro de uma gama limitada de valores. Na organização dessas máquinas, isto deve expressar-se de tal modo que o processo se defina como ocorrendo integralmente dentro dos limites que a mesma organização da máquina especifica. Tais máquinas são

¹ gnoseológicas, vem de gnose (conhecimento que se adquire pela experiência)

homeostáticas², e toda retroalimentação é interior a elas. Se alguém diz que existe uma máquina M que apresenta retroalimentação através das relações com o meio ambiente, tal que os efeitos de sua saída afetam a sua entrada, está falando, em realidade, de uma máquina maior M' que, em sua organização, conforme definida, inclui tanto o meio ambiente como o circuito de retroalimentação.

As máquinas autopoieticas são máquinas homeostáticas. A peculiaridade porém, dessas máquinas, não reside neste fato, mas sim na variável fundamental que mantém constante. Uma máquina autopoietica é uma máquina organizada como um sistema de processos de produção de componentes concatenados de tal maneira que produzem componentes que:

- i) Geram os processos (relações) de produção que os produzem, através de suas contínuas interações e transformações, e;
- ii) Constituem à máquina como uma unidade no espaço físico.

Por conseguinte, uma máquina autopoietica produz e especifica continuamente sua própria organização através das produções de seus próprios componentes, sob condições de contínua perturbação e compensação dessas perturbações (Produções de componentes). Podemos dizer então que uma máquina autopoietica é um sistema homeostático que tem sua própria organização como uma variável que mantém constante. Isto deve ser claramente entendido.

Toda unidade tem uma organização especificável em termos de relações estáticas ou dinâmicas, relações entre elementos ou relações entre processos ou ambos. Entre esses casos possíveis, as máquinas autopoieticas são unidades cuja organização fica definida por uma

² homeostáticas, isto é, tendem a um equilíbrio nas suas interações com o meio ambiente na qual está inserida

concatenação particular de processos (relações) de produção de componentes, a concatenação autopoietica, e não pelos componentes eles mesmos ou suas relações estáticas.

Posto que as relações de produção de componentes existem somente como processos, se estes se interrompem, as relações de produção desaparecem. Em consequência, para que uma máquina seja autopoietica é necessário que as relações de produção que a definem sejam continuamente regeradas pelos componentes que produzem. Mais ainda; para que estes processos constituam uma máquina, devem concatenar-se para constituir uma unidade, e isto é possível somente na medida que os componentes que as produzem se concatenam e especificam uma unidade no espaço físico. A concatenação autopoietica de processos em uma unidade física distingue, então, as máquinas autopoieticas de todo outro tipo de unidade.

A organização autopoietica significa simplesmente processos concatenados de uma maneira específica tal que os processos concatenados produzem os componentes que constituem e especificam o sistema como uma unidade.

Os sistemas autopoieticos, como vimos, são sistemas homeostáticos que têm a sua própria organização definida pela variável que mantém constante.

As consequências desta organização são importantíssimas, a saber:

- i) As máquinas autopoieticas são autônomas; isto é, subordinam todas as suas trocas com o meio à conservação de sua própria organização, independentemente de quão profundas sejam as demais transformações que podem sofrer durante o processo. Outras máquinas, chamadas alopoieticas, produzem com seu funcionamento algo distinto delas mesmas. Estas máquinas não são autônomas, já que as trocas que experimentam estão necessariamente submetidas às produções de um produto distinto delas.

- ii)* As máquinas autopoieticas possuem individualidade; isto é, por meio da manutenção como uma invariante de sua organização, conservam ativamente uma identidade que não depende de suas interações com o observador. As máquinas alopoieticas têm uma identidade que depende do observador e que não se determina por sua operação visto que o produto desta é diferente de sua organização.
- iii)* As máquinas autopoieticas são definidas como unidades por, e somente por, sua organização autopoietica: suas operações estabelecem seus próprios limites no processo de autopoiesis. Não ocorre assim com as máquinas alopoieticas, cujos limites são fixados pelo observador que especificando as superfícies de entrada e de saída, determina o que é pertinente ao seu funcionamento.
- iv)* As máquinas autopoieticas não têm entradas nem saídas, podendo ser perturbadas por efeitos externos, e experimentar trocas internas que compensam essas perturbações. Se essas se repetem, a máquina pode passar por séries reiteradas de trocas internas, que podem ou não serem as mesmas. Sem embargo, qualquer série de trocas internas que se produza está sempre subordinada à conservação da organização da máquina, sendo estas as condições que definem a teoria das máquinas autopoieticas.

Assim, toda relação entre tais trocas e a série de perturbações que podem-se assinalar, pertencem ao domínio no qual se observa a máquina, e não a sua organização. Logo, ainda que uma máquina autopoietica possa ser tratada como uma máquina alopoietica, isto não revoga sua organização enquanto máquina autopoietica.

Uma organização pode permanecer constante sendo estática, ou mantendo constante seus componentes, ou mantendo constante suas relações entre componentes que, por outra parte, estão em contínuo fluxo ou troca. As máquinas autopoieticas são organizações deste último tipo.

Elas mantêm constante as relações que as definem como autopoieticas. A forma real pela qual uma organização assim pode concretizar-se efetivamente, varia segundo a natureza (as propriedades) dos elementos físicos que a materializam. Como consequência, podem haver muitos tipos distintos de máquinas autopoieticas; não obstante, todas elas serão tais que qualquer interferência física com seu funcionamento fora do campo de compensações dará por resultado sua desintegração: a perda de sua autopoiesis. Mais ainda, a forma real em que se materializa a organização autopoietica dessas máquinas, determina que alterações podem sofrer sem desintegrar-se e, portanto, o domínio onde ocorrem as interações em que é possível observá-las. Estas características relativas a materialização das máquinas autopoieticas, concretizadas em sistemas físicos, não nos permite referir a casos particulares. Situam-se em nosso campo de manipulação e descrição e, por conseguinte, observáveis no contexto de um domínio de interações exterior a sua organização.

Isto tem dois tipos de consequências fundamentais:

- i) Pode-se descrever as máquinas autopoieticas e também manejá-las, como partes de um sistema mais amplo que determina os efeitos exteriores que podem perturbá-las. Assim, segundo já dissemos, podemos considerar esses efeitos perturbadores como entradas, e considerar como saídas as trocas da máquina destinadas a neutralizar as perturbações. Isto equivale a tratar como alopoiética uma máquina autopoietica. De fato, se os efeitos exteriores que a perturbam são de certa regularidade, uma máquina autopoietica pode incorporar-se a um sistema mais amplo em qualidade de componente alopoiético, sem que sua organização autopoietica varie em nada.
- ii) Pode-se analisar uma máquina autopoietica por suas partes materiais e tratar como máquinas alopoiéticas qualquer um de seus mecanismos parciais homeostáticos e reguladores, definindo suas superfícies de entrada e de saída; isto é possível com independência da organização autopoietica do sistema que integram por que podemos definir um contexto diferente para nossa observação. Estas sub-máquinas, portanto, não são necessariamente componentes da máquina autopoietica que

integram, por que estes componentes ficam definidos por relações que os satisfazem ao determinar a organização da máquina autopoietica.

O fato de que se possa dividir as máquinas autopoieticas em partes, não muda a natureza do campo de interações determinado por elas em sua qualidade de entidades concretas operantes no universo fisico.

3.2 - Teleonomia, um conceito prescindível

A teleologia e a teleonomia são noções empregadas na descrição dos seres vivos e, ainda que se admita que não intervenham necessariamente em seu funcionamento como fatores causais, afirma-se que são indispensáveis para definir sua organização. Quanto a este ponto, pretende-se demonstrar que estas noções são desnecessárias para compreender a organização dos seres vivos.

3.2.1 - Ausência de finalidade

Para Maturana e Varela (1972, p. 27) comumente se assinala como a característica mais notável dos sistemas vivos, o fato de possuírem uma organização orientada a um fim, ou o que é equivalente, dotada de um plano interno refletido e realizado por sua estrutura. Assim, a ontogenia se considera geralmente um processo integral de desenvolvimento em direção a um estado adulto, mediante o qual se alcançam certas formas estruturais que permitem ao organismo desempenhar

certas funções em concordância com o plano inato que o delimita com respeito ao meio circuncidante. A ontogenia de um sistema vivo é a história da conservação de sua identidade através de sua autopoiesis continuada no espaço físico. Esta concepção de ontogenia dá lugar a várias considerações:

- i)* Como o modo de manter sua identidade como um sistema autopoietico depende de sua modalidade particular de autopoiesis, distintos tipos de sistemas autopoieticos irão apresentar diferentes tipos de ontogenia.
- ii)* Como um sistema autopoietico não tem entradas nem saídas, todas as trocas que ele experimenta sem perder sua identidade e, portanto, mantendo as relações que os definem, são necessariamente determinados por sua organização homeostática. Logo, a fenomenologia de um sistema, necessariamente, estará sempre em correspondência com as perturbações ou deformações que ele sofre sem perder sua identidade, e com o ambiente deformador em que está situado; não fosse assim o sistema se desintegraria.
- iii)* Como consequência da natureza homeostática da organização autopoietica, a forma em que a autopoiesis se realiza em qualquer unidade dada pode variar durante sua ontogenia, com a única restrição de que isto se deve realizar sem perda da identidade, é dizer, através de uma autopoiesis ininterrupta.
- iv)* Ainda que as trocas que um sistema autopoietico possa experimentar sem perder sua identidade, de forma a compensar as perturbações ou as deformações causadas por suas interações, sejam determinadas por sua organização, a ordem sucessiva de tais trocas é determinada pela ordem sucessiva dessas deformações.

Duas são as fontes de deformações de um sistema autopoiético percebidas por um observador: Uma é constituída pelo ambiente, com seus sucessos independentes no sentido de que não são determinados pela organização do sistema; e a outra é constituída pelo sistema mesmo, com seus estados resultantes da compensação de deformações, estados que podem ser, por uma parte, deformações que dão origem a novas trocas compensatórias. Na fenomenologia da organização autopoiética, estas duas fontes de perturbação são indiscerníveis, e em todo sistema autopoiético se entrelaçam para configurar uma única ontogenia. Logo, ainda que em um sistema autopoiético todos os caminhos sejam determinados internamente, para um observador sua ontogenia reflete, em parte, a história de suas interações com um ambiente independente. Em consequência, dois sistemas autopoiéticos equivalentes noutros aspectos podem ter ontogênias distintas.

- v) Um observador que contempla um sistema autopoiético como unidade em um contexto que também observa e descreve como meio circuncidante ao sistema pode distinguir nele perturbações de origens internas e de origens externas, ainda quando elas sejam intrinsecamente indiscerníveis para o sistema autopoiético mesmo. O observador pode utilizar esta distinção para fazer afirmações acerca da história do sistema autopoiético que observa, e usar essa história para descrever um ambiente que ele infere ser o domínio em que existe o sistema. Sem embargo, da correspondência observada entre a ontogenia do sistema e o ambiente que dita ontogenia descreve, ou o meio circuncidante em que a vê, não pode inferir uma representação constitutiva deste na organização do sistema autopoiético. A contínua correspondência entre a conduta e o ambiente, revelada durante a ontogenia, é o resultado da natureza homeostática da organização autopoiética e não da existência nela de nenhuma representação do ambiente, nem é necessário, no mínimo que seja, que o sistema autopoiético deva obter o desenvolvimento de tal representação para subsistir em um ambiente em contínua mudança. Falar de uma representação do ambiente, ou do meio circuncidante, na organização de um sistema vivo, pode ser que seja útil como metáfora, mas é inadequado, porém, para revelar a organização de um sistema autopoiético.

vi) As trocas compensatórias que experimenta um sistema autopoietico conservando sua identidade, podem ser de dois tipos segundo a forma em que se realiza sua autopoiesis: Trocas conservadoras, as quais só implicam em compensações que não requerem trocas nas variáveis mantidas constantes através de seus processos homeostáticos componentes; e trocas inovadoras, que implicam trocas na qualidade dessas variáveis. No primeiro caso, as interações (internas ou externas) causadoras das deformações, não conduzem a nenhuma variação na forma de realizar-se a autopoiesis, e o sistema permanece no mesmo ponto do espaço autopoietico; em troca, no segundo caso as interações conduzem a uma variação no modo de realizar-se a autopoiesis e, portanto, a um deslocamento do sistema no espaço autopoietico. Em consequência, enquanto o primeiro caso implica numa ontogenia conservadora, o segundo implica numa ontogenia que é, além disso, um processo de especificação de uma autopoiesis particular cuja determinação necessariamente depende tanto das limitações organizativas do sistema como numa história de interações.

Por outra parte, se considera a filogenia como uma história de transformações adaptativas através de processos reprodutivos, tendentes a levar a cabo o plano da espécie com uma total subordinação do indivíduo a esse fim. Mais ainda: Existem organismos que inclusive podem se mostrar capazes de especificar antecipadamente (como o autor desta dissertação) algum objetivo, e que coordenam todas suas atividades para consegui-lo (heteropoiesis). Esse elemento de aparente propósito ou posse de um projeto ou programa, que tem sido chamado teleonomia sem implicar nenhuma conotação vitalista, se considera muitas vezes uma característica de definição necessária, se não suficiente, dos sistemas vivos.

Sem embargo, como vimos anteriormente, finalidade ou objetivo não são características típicas da organização de nenhuma máquina (alo ou autopoietica). Estas noções ficam no terreno do comentário de nossas ações, vale dizer, pertencem ao domínio das descrições e, quando se as aplica a uma máquina ou qualquer sistema exterior a nós outros, expressam que estamos considerando-o dentro de algum contexto mais amplo. Em geral, o observador dá algum uso à máquina, mental ou

concreto, determinando assim o conjunto de circunstâncias em que esta opera, assim como o domínio de seus estados que ele considera suas saídas. O vínculo entre estas saídas, as entradas correspondentes e a relação de umas e outras com o contexto em que as inclui o observador, constitui o **objetivo** ou **finalidade** da máquina que está situado necessariamente, no domínio do observador, que é quem decide o contexto e estabelece os vínculos. Análogamente, a noção de função surge quando o observador descreve os componentes de uma máquina ou de um sistema referindo-se a uma unidade mais ampla, que pode ser a máquina em sua totalidade ou parte dela, cujos estados se constituem no objetivo ao que hão de conduzir as trocas dos componentes.

De novo aqui, não importa quão direto seja o vínculo causal entre a troca de estado dos componentes e o estado do sistema como um todo a que dão origem com suas transformações; a conotação de "um projeto" a que alude a noção de função, é estabelecida pelo observador e não pertence ao domínio da máquina mesma.

A organização de uma máquina, auto ou alopoiética, só enuncia relações entre componentes e leis que regem suas interações e transformações. É dizer, somente especifica as condições em que surgem os diversos estados da máquina, os quais aparecem como resultado necessário cada vez que se apresentam essas condições. Logo, as noções de finalidade e função não têm nenhum valor explicativo no campo fenomenológico que pretendem esclarecer, por que não intervêm como fatores causais na reformulação de fenômeno algum. Assim mesmo, a predição de um estado futuro em uma máquina só consiste na rápida captação de seus estados sucessivos pelo observador, e qualquer referência a um estado prévio para explicar outro ulterior em termos funcionais ou finalistas, é um subterfúgio descritivo, baseado na observação mental simultânea de ambos, que induz na mente do leitor uma captação sinóptica da máquina. De modo que qualquer máquina, parte de máquina ou processo de desenvolvimento previsível, pode ser descrito por um observador como dotado de plano, finalidade ou função, se o trata na devida forma com respeito a um contexto mais amplo.

Em consequência, se os sistemas vivos são máquinas autopoieticas, a teleonomia passa a ser somente um artifício para descrever os que não revelam característica alguma de sua organização, senão o consistente com o seu funcionamento no campo donde se os observa. Como máquinas autopoieticas, os sistemas vivos carecem, pois, de finalidade.

3.2.2 - Individualidade

A eliminação da noção de teleonomia como característica que define os sistemas vivos altera, por completo, o caráter do problema e nos obriga a considerar a organização da unidade como questão central para compreender a organização dos sistemas vivos.

Com efeito, um sistema vivo pode ser assinalado como unidade de interações, e como indivíduo, em virtude de sua organização autopoietica, que determina que toda troca que nele se produza esteja subordinada a sua conservação, ficando assim os limites que determinam o que lhe pertence e o que não lhe pertence em sua materialização concreta. Se, em um sistema vivo, não se completa, direta ou indiretamente, a subordinação de toda troca à conservação de sua organização autopoietica, tal sistema perderia esse aspecto de sua organização que o define como unidade e, portanto, se desintegraria. Portanto, como quer que se defina, é certo que, para toda unidade, a perda das características que a definem redundaria em sua desintegração. O peculiar dos sistemas vivos não é sua possibilidade de desintegrar-se, senão o fato de que se desintegram sempre que perdem sua organização autopoietica. Consequência disto é que, em cada sistema vivo, toda troca deve produzir-se sem interferir com seu funcionamento como unidade, em uma história de trocas através da qual sua organização autopoietica permanece invariante. Logo, a ontogenia é uma expressão tanto

da individualidade dos sistemas vivos como da forma em que essa individualidade se concretiza. Enquanto processo a ontogenia não representa, pois, o passo de um estado incompleto (embrionário) a outro mais completo ou definitivo (adulto), senão a manifestação do devenir de um sistema que é, em cada instante, a unidade em sua totalidade.

A noção de desenvolvimento, como a de finalidade, surge no contexto da observação, de modo que pertence a um domínio que não é o da organização autopoietica do sistema vivo. Analogamente, o comportamento que um observador pode presenciar em uma máquina autopoietica, é o reflexo da sucessão de trocas que este experimenta enquanto mantém constantes as variáveis afetadas por perturbações e enquanto estabelece os valores em cuja vizinhança mantém em todo momento essas variáveis. Como a máquina autopoietica não tem entradas nem saídas, toda correlação que o observador pretende revelar entre efeitos externos que a perturbam periodicamente e a transição de um estado a outro resultante dessas perturbações, pertence à história da máquina no contexto da observação, e não ao funcionamento de sua organização autopoietica.

3.2.3 - Sistemas autopoieticos de maior ordem

Cada vez que o comportamento de uma ou mais unidades é tal que existe um domínio em que a conduta de cada uma é função da conduta das demais, se diz que elas estão acopladas nesse domínio. O acoplamento surge como resultado das modificações mútuas que as unidades interatuantes sofrem, sem perder sua identidade, no transcurso dessas interações. Se durante a interação se perde a identidade das unidades interatuantes, pode resultar disso a geração de uma nova unidade, não se verificando porém o acoplamento. Em geral, sem embargo, o acoplamento também pode conduzir à geração de uma nova unidade, em um domínio que pode ser distinto daquele em

que as unidades componentes (acopladas) conservam sua identidade. Nos sistemas vivos, o acoplamento é um sucesso freqüente; os comentários que seguem estão destinados a demonstrar que a natureza desse acoplamento determina sua organização autopoietica.

i) Os Sistemas autopoieticos podem interagir entre si sem perder sua identidade, enquanto suas respectivas modalidades de autopoiesis constituam fontes de perturbações mútuas compensáveis. Mais ainda, devido a sua organização homeostática, os sistemas autopoieticos podem acoplar-se de maneira que suas respectivas autopoiesis se especifiquem durante o acoplamento dentro de margens de tolerância e variação determinados durante o acoplamento. O resultado é uma unidade em que o modo de acoplamento de seus componentes se altera durante sua história. Estas considerações também são válidas para o acoplamento de unidades autopoieticas e não-autopoieticas, com as correções óbvias quanto a conservação de sua identidade pelas segundas. Em geral, pois, o acoplamento de sistemas autopoieticos com outras unidades, autopoieticas ou não, se realiza mediante sua autopoiesis. Se infere que é possível a seleção para o acoplamento e que, por meio da evolução sob pressão seletiva para acoplar-se, pode desenvolver-se (evoluir) um sistema composto em que a autopoiesis individual de cada um de seus componentes autopoieticos está submetida a um ambiente determinado pela autopoiesis de todos os integrantes autopoieticos da unidade composta. Tal sistema composto será necessariamente definido como unidade pelas relações de acoplamento dos sistemas autopoieticos que o integram, em um espaço especificado pela natureza do acoplamento, e seguirá sendo uma unidade enquanto os sistemas componentes conservem a autopoiesis que lhes permite entrar nessas relações de acoplamento.

ii) Um sistema autopoietico pode chegar a ser componente de outro sistema, se algum aspecto de sua trajetória de trocas autopoieticas pode participar na realização desse outro sistema. Como se diz, isto pode ocorrer no presente, por meio de um acoplamento que se valha dos recursos homeostáticos dos sistemas interatuantes; ou através da evolução, mediante o efeito recorrente de uma pressão seletiva constante sobre o processo de transformação de uma rede histórica

reprodutiva, a qual dá por resultado uma subordinação das autopoíesis individuais componentes (por meio da troca histórica dessas modalidades) ao ambiente de perturbações mútuas especificado por elas.

iii) Se as autopoíesis das unidades integrantes de um sistema autopoietico composto configuram papéis alopoiéticos que definem um espaço autopoietico mediante a produção de relações constitutivas, de especificidade e de ordem, o novo sistema passa a ser uma unidade autopoietica de segundo ordem.

Tudo o que falamos permite demonstrar que a chave para compreender a fenomenologia biológica é entender a organização do indivíduo. Fica demonstrado que esta organização é a organização autopoietica. Ademais foi demonstrado que esta organização e suas origens são plenamente explicáveis com base em noções puramente mecanicistas, válidas para qualquer fenômeno no espaço físico, e que uma vez estabelecida, a organização autopoietica determina, no domínio da fenomenologia mecanicista, um subdomínio fenomenológico independente: o domínio dos fenômenos biológicos.

Por outra parte, o desenvolvimento da idéia darwiniana de evolução, com sua ênfase na espécie, a seleção natural e a aptidão, teve um impacto cultural que levou à explicação da diversidade dos sistemas vivos e das origens dessa diversidade. Teve transcendência sociológica, porque pareceu ser capaz de explicar a fenomenologia social em uma sociedade competitiva, e a uma justificação científica da subordinação do destino dos indivíduos aos valores transcendentais que se supõem entranhados em noções tais como humanidade, estado ou sociedade. Com efeito, a história social do homem mostra uma contínua busca de valores que expliquem, justifiquem, a existência humana, e um uso constante de noções transcendentais para justificar a discriminação social, a discriminação de gênero, a escravidão, a subordinação econômica e o submetimento político e até acadêmico dos

indivíduos, isolada ou coletivamente, ao desejo ou ao capricho de quem pretende representar os valores contidos nessas noções.

Que importa o que lhe passa a um indivíduo, ou a uns quantos indivíduos, se seu sacrifício é por o bem da humanidade? Sobreviverá a espécie humana ao embate de uma guerra atômica? Nesta história de uma sociedade baseada na discriminação econômica e em idéias competitivas de poder, a evolução, a seleção natural e as aptidões (com ênfase sobre a espécie como entidade histórica durável mantida por indivíduos transitórios e dispensáveis), chegaram como uma justificação biológica, para sua estrutura sócio-econômica. É certo que o que evolui é a humanidade enquanto espécie homem. É certo que a competência conduz, inclusive no homem, ao processo de mudança evolutivo. É verdade que sob as leis da seleção natural sobrevive o mais apto para aquilo que se seleciona, e que os que não sobrevivem não contribuem para o destino histórico da espécie. Parece que, se o papel do indivíduo era contribuir a perpetuar a espécie, tudo o que tinha que fazer era deixar que os fenômenos naturais seguissem o seu curso. A ciência, a biologia em particular parecia justificar a noção de <<*qualquer coisa, pelo bem da humanidade*>>, fora qual fosse a intenção ou o propósito de quem quer que fosse que enunciasse isso.

Maturana e Varela (1972, p. 84) demonstraram que estes argumentos não são válidos para justificar a subordinação do indivíduo à espécie, por que a fenomenologia biológica é determinada pela fenomenologia individual, e sem indivíduos não existe fenomenologia biológica alguma. A organização do indivíduo é autopoietica e nisto se resume toda sua importância. Seu modo de ser é definido por sua organização e sua organização é autopoietica. Assim, a Biologia já não pode ser manipulada para justificar a qualidade dos indivíduos serem prescindíveis em benefício da espécie, da sociedade ou da humanidade, sob pretexto de que seu papel é perpetuá-la. Biologicamente, os indivíduos não são prescindíveis.

3.3 - Implicações gnoseológicas

O domínio de interações de uma unidade autopoietica é o domínio de todas as deformações que ela pode experimentar sem perder sua autopoiesis. Para cada unidade esse domínio fica determinado pelo modo particular de realizar sua autopoiesis e, em consequência, é necessariamente acoplado; isto é, existem interações (deformações) que ela não pode sofrer sem perder sua identidade. Mais ainda, um observador pode considerar a maneira como um sistema autopoietico compensa suas deformações, como descrição do agente deformante que vê atuar sobre o sistema; e a deformação sofrida por este pode ser considerada por ele como representação de agente deformante.

Como o domínio de interações de um sistema autopoietico é limitado, existem agentes deformantes que um observador pode ver, mas que porém o sistema autopoietico deformado não pode descrever, por que não pode compensá-los. Este domínio, o domínio de todas as interações em que um sistema autopoietico pode participar sem perder sua identidade, é dizer, o domínio de todas as trocas que pode sofrer ao compensar perturbações, é seu domínio cognitivo. Disto se defende que o domínio cognitivo de um sistema autopoietico é equivalente a seu domínio de conduta e, na medida em que toda conduta pode ser observada, equivalente a seu domínio de descrições. O que é o mesmo que dizer que toda conduta é expressão de conhecimento (compensação de perturbações), e que todo conhecimento é conduta descritiva. Em continuação apresentamos quatro observações que assinalam a subordinação do domínio cognitivo à autopoiesis individual.

- i) Se o domínio cognitivo de um sistema autopoietico está determinado por seu modo particular de autopoiesis, e se todo conhecimento é conduta descritiva, se defende que todo conhecimento é, necessariamente, relativo ao domínio cognitivo do que conhece e que, portanto, está determinado por sua organização. Mais ainda, se a forma como se realiza a autopoiesis de um organismo altera

a sua ontogenia, seu domínio cognitivo também se altera e o mesmo acontece com seu repertório de conduta (conhecimentos). Segue-se uma história de trocas que é determinada pela ontogenia sendo, portanto, não só um processo de especificação contínua da modalidade de autopoiesis de um organismo, senão que também de seu domínio cognitivo. Intrinsecamente, pois, não é possível o conhecimento absoluto e a validação eventual de todo conhecimento nos seres vivos (o homem incluído) se dá, necessariamente, pela sua autopoiesis continuada.

- ii) Os Sistemas autopoieticos podem interagir entre si em condições que dão por resultado o acoplamento pela conduta. Neste acoplamento, a conduta autopoietica de um organismo A passa a ser fonte de deformação para um organismo B; e a conduta compensatória do organismo B atua, por sua vez, como fonte de deformação do organismo A, cuja conduta compensatória atua, por sua parte, como fonte de deformação para B, e assim sucessivamente, em forma recursiva, até que se interrompa o acoplamento. Desta maneira, se desenvolve uma cadeia tal de interações elaboradas que, ainda que a conduta de cada organismo em cada interação seja determinada internamente por sua organização autopoietica, tal conduta é para o outro fonte de deformações compensáveis e, portanto, pode qualificar-se de significativa no contexto da conduta acoplada. Estas são interações comunicativas. Se os organismos acoplados são capazes de uma conduta plástica e permanente daí resultando modificados pelas interações, suas trocas -que surgiram no contexto de suas deformações acopladas- passam a constituir ontogenias historicamente elaboradas que geram um campo consensual de conduta acoplada, que se especifica (se faz consensual) durante o processo de sua geração. Um campo consensual assim, onde os dois organismos acoplados se orientam reciprocamente em sua conduta, a qual fica internamente determinada por meio de interações que se vão especificando durante suas ontogenias acopladas, é um domínio lingüístico. O domínio lingüístico -como domínio consensual que resulta do acoplamento das ontogenias de sistemas autopoieticos- é, pois, intrinsecamente não-informativo, ainda quando um observador o descreva como se o fosse, desatendendo à determinação interna

que o gera nos sistemas autopoieticos. Fenomenologicamente, o domínio lingüístico e o da autopoiesis são domínios diferentes e, ainda que um gere os elementos do outro, não se interceptam.

- iii) Um sistema autopoietico capaz de interagir com seus próprios estados (como pode fazer um organismo dotado de um sistema nervoso) e de desenvolver com outros sistemas um domínio consensual lingüístico (no campo onde pode interagir com seus próprios estados), pode tratar seus próprios estados lingüísticos como fontes de deformações e, assim, interagir lingüisticamente em um domínio lingüístico cerrado. Tal sistema possui duas propriedades notáveis.
- a) Através de interações recorrentes com seus próprios estados lingüísticos, um sistema assim pode permanecer sempre em situação de interagir com as representações (segundo definido previamente) de suas interações. Tal sistema é um observador. O domínio de tais interações recorrentes é, em princípio, infinito, porque não existe nenhum momento em que o sistema não esteja em situação de interagir recorrentemente com seus próprios estados, a menos que se perca sua autopoiesis. O fato que um sistema autopoietico com dita capacidade, com efeito gere durante sua ontogenia uma série interminável de estados diferentes, depende, obviamente, do que constitui identidade. O domínio de tais interações recorrentes é, em princípio, infinito, porque não existe nenhum momento em que o sistema não esteja em situação de interagir recorrentemente com seus próprios estados, a menos que se perca sua autopoiesis. O que um sistema autopoietico com dita capacidade, com efeito gera durante sua ontogenia é uma série interminável de estados diferentes, que dependem, obviamente, do o que constitui sua identidade. No domínio lingüístico, de onde a história de interações do organismo determina o contexto em que tem lugar cada nova interação lingüística, e de onde se extrai a relevância circunstancial que cada estado lingüístico tem na realização da autopoiesis, determina seu valor semântico, podendo, em princípio, serem gerar infinitos estados lingüísticos semanticamente diferentes.

- b) Um sistema vivo capaz de ser um observador, pode interagir com seus próprios estados descritivos, que são descrições lingüísticas dele mesmo. Se o faz em forma recursiva, gera um domínio de auto-descrições lingüísticas no qual é um observador de si mesmo e um observador de sua observação e de sua auto-observação, de uma maneira interminável. Este domínio é chamado de domínio de auto-observação, e a conduta auto consciente é a conduta no domínio da auto-observação.
- iv) Toda interação em um sistema autopoietico tem lugar por meio de interações físicas. Porém como tal sistema está definido em termos de relações, todas as suas interações necessariamente dão por resultado trocas nestas relações. Assim, quaisquer que sejam as circunstâncias de uma interação, esta é sempre representada na mesma categoria fenomenológica: trocas nas relações de produções que definem e especificam o sistema autopoietico que, se são compensáveis, permitem a autopoiesis continuada. Como resultado disto, é dizer, em virtude da natureza mesma da organização autopoietica, domínios de condutas que são diferentes devido ao fato de que determinam fenomenologicamente unidades distintas, podem ser representados na mesma categoria fenomenológica de trocas nas relações internas de um sistema autopoietico. Isto tem tido implicações de importância no domínio cognitivo:
- a) Um observador mapeia todas suas interações como observador no mesmo domínio de relações, ainda quando essas interações pertençam a distintas fenomenologias, porque ele participa nelas como um caso diferente de unidade (com propriedades diferentes). Mediante este mapeamento, um observador pode estabelecer relações descritivas entre suas descrições de fenomenologias independentes. Não obstante, estas relações só existem no domínio lingüístico e constituem conexões somente descritivas, não operativas, entre fenomenologias independentes: sua representação depende da presença do observador.

b) O observador, enquanto tal, necessariamente permanece sempre em um domínio descritivo, vale dizer, em um domínio cognitivo relativo. Não é possível nenhuma descrição de uma realidade absoluta. Tal descrição, requereria uma interação com o absoluto por descrever, porém a representação que surgirá de semelhante interação necessariamente seria determinada pela organização autopoietica do observador, e não pelo agente deformante; logo, a realidade cognitiva assim gerada dependeria inevitavelmente do conhecedor, e seria relativa a ele.

A autopoiesis resolve o problema da fenomenologia biológica em geral, definindo-a. Os seres vivos, enquanto unidades autopoieticas no espaço físico, definem seu mundo fenomenológico em relação com sua autopoiesis em tal espaço, e alguns operam nesse mundo em forma recorrente, através de suas descrições, sendo-lhes impossível sair deste domínio descritivo relativo mediante descrições. Mais ainda, neste domínio de descrições estes sistemas autopoieticos assinalam que o espaço físico é singular porque é onde, mediante sua conduta, podem descrevê-lo como o espaço onde se dão. Isto exige um enfoque cognitivo inteiramente novo: existe um espaço no qual têm lugar distintas fenomenologias: uma delas é a fenomenologia autopoietica; a autopoiesis gera um domínio fenomenológico; este é o domínio cognitivo.

3.4 - Psicologia da aprendizagem humana

A maior parte das pesquisas feitas pelas ciências cognitivas sobre a aprendizagem humana, se focaram na aprendizagem de procedimentos.

Alguns autores como Brown(1988) defendem que a aprendizagem ocorre como ocorrência de situações de *impasse*. Esta Noção está associada com a idéia de Schank (1988) sobre uma aprendizagem dirigida por falha.

Quando um estudante não consegue resolver um determinado problema, se evoca um determinado procedimento de reparo capaz de lidar com o *impasse*. Este procedimento, na maioria das vezes leva a construção de um *buggy* ou procedimentos incorretos.

A teoria ACT de Anderson apresenta um modo de aprendizagem em três estágios. O primeiro estágio interpretativo, corresponde ao uso do conhecimento declarativo para resolver o problema, da mesma forma que um programa de computador é visto como um 'dado' pelo compilador que o processa. O segundo estágio é chamado compilação de conhecimento onde produções que ocorrem repetidamente no estágio interpretativo são compostas em termos de pares de produção pela atribuição de valores às variáveis. O terceiro estágio, '*tunning*', corresponde ao refinamento deste conhecimento procedural pela generalização, discriminação e atribuição de pesos às diferentes produções.

A teoria ACT é uma tentativa de construir uma arquitetura geral para o conhecimento humano e emprega redes semânticas para representar o conhecimento declarativo e sistemas de produção para representar o conhecimento procedural.

São necessárias pelo menos 100 horas de aprendizagem e prática para adquirir qualquer habilidade cognitiva significativa. Aprender uma linguagem nos toma dezenas de milhares de horas.

Fitts (1964) propôs três estágios de desenvolvimento para aquisição de conhecimento:

- a) Estágio Cognitivo que envolve a codificação da habilidade de forma suficiente a permitir o comportamento desejado.
- b) Estágio Associativo onde os erros são gradualmente detectados e eliminados.

c) Estágio Autônomo onde a habilidade cresce continuamente.

Anderson (1988), a partir de Fitts, propõe:

a) Estágio Declarativo que corresponde ao estágio cognitivo de Fitts, onde a mediação verbal é importante, visto que os fatos devem ser lembrados na memória de trabalho de forma a estarem disponíveis aos procedimentos interpretativos.

O segundo estágio de Fitts é visto como uma transição. Com a prática, o conhecimento é convertido na forma procedural, a qual é aplicada diretamente na intercessão de outras rotinas interpretativas. A forma gradual pela qual o conhecimento declarativo é transformado em conhecimento procedural é denominada compilação de conhecimento.

b) Estágio Procedural o sistema de produção ACT (base da teoria de Anderson) consiste de um conjunto de produções que operam sobre fatos do banco de dados declarativo.

Experiências a nível neurobiológico têm demonstrado que, a um nível neuronal, o treinamento implica num fortalecimento das ligações sinápticas. A regra de Hebb estabelece que as sinapses entre neurônios que disparam juntos se fortalecem sempre que a sincronidade é acompanhada por uma recompensa. Com o treinamento, a sensibilidade das células pós sinápticas à entradas excitatórias, uma propriedade conhecida como ganho, é aumentada na sinapse de tal forma que uma nova entrada gera correntes maiores nos dendritos (Fialho, 1992).

A aprendizagem é um dos processos chave do comportamento humano; está em tudo o que fazemos e pensamos. Influi nas características de nossas personalidades e na forma em que percebemos tudo o que nos rodeia. Daí que se ponha uma especial atenção nos primeiros anos de aprendizagem, no ensino à infância, já que tudo o que é aprendido durante este tempo será a base da comunicação futura da pessoa com o mundo que a rodeia.

Se o domínio cognitivo de um sistema autopoiético está determinado por seu modo particular de autopoiesis, então os indivíduos não possuem as mesmas qualidades para aprender, já que tão pouco passaram pelas mesmas experiências prévias, pelo que se necessitará criar distintos métodos de aprendizagem que se adequem às características de cada indivíduo, as mesmas que podem ser observadas mediante o processo de acoplamento de conduta, e serão úteis assim para seu processo de ontogenia. Com efeito algumas das seguintes idéias ilustrarão este conceito.

Para Piaget (1964, p. 102):

“A criança raciocina unicamente sobre os estados ou configurações estáticas e despreza as transformações como tais: para poder captar essas últimas se deve raciocinar, ao contrario, mediante <<operações>> reversíveis e essas operações se constroem paulatinamente, mediante uma progressiva regulação das compensações que estão em jogo”.

A aprendizagem é um processo gradual. Se aprende pouco a pouco e de forma progressiva. Nos apoiamos sobre os conceitos já aprendidos para aprender outros ou melhorar o conhecimento atual (Maestro, Ferrer, 1992, p. 53).

Se para qualquer aprendiz é importante aprender, para aqueles indivíduos com incapacidades é ainda muito mais importante o processo de aprendizagem, pois deste treinamento dependerá o grau de autonomia que cheguem a possuir (Maestro, Ferrer, 1992, p. 54).

A aprendizagem consegue desenvolver as capacidades dos indivíduos, tanto as básicas como as intelectuais. As capacidades básicas aumentam a medida que o sujeito cresce, porém são modeladas pelo tipo de aprendizagem que a pessoa conseguiu durante este tempo. No entanto, as capacidades intelectuais se constroem mediante processos de aprendizagem, e sem essas não haveria desenvolvimento intelectual.

“A inteligência de cada pessoa é um complexo edificio formado por habilidades ordenadas de modo hierárquico, onde nos é possibilitado a construção de outras a um nível superior”, (Maestro, Ferrer, 1992, p. 54).

Os estilos de aprendizagem caracterizados empiricamente por Kolb são referenciados por Kuri e Giorgetti (1993). Nesse trabalho, identificaram-se as funções "perceber" e "processar" e definiu-se os pontos finais dessas referências como "experiência-concreta" (sentir) versus "conceitualização abstrata" (pensar) e "observação reflexiva" (observar) versus "experimentação ativa" (fazer).

A seguir, as descrições das funções perceber e processar, fornecidas por Kolb.

Experiência Concreta (EC) ou "sentir"

Na experiência concreta o aluno mergulha na nova experiência. A estratégia é ser aberto, adaptar-se às mudanças e se envolver ao máximo. Os estímulos ambientais devem ser selecionados e arranjados para que o "sentir" e "avaliar" sejam dominantes. As habilidades nesta área incluem bom relacionamento interpessoal e sensibilidade para os valores pessoais de todos os envolvidos.

Observação Reflexiva (OR) ou "observar"

Na observação reflexiva, o aluno torna-se um observador objetivo, confiando em seus próprios pensamentos e sentimentos para formar opiniões. A estratégia é separar uma determinada experiência e observar o evento dos mais diferentes pontos de vista possíveis. O modo dominante é a observação cuidadosa e a ponderação antes de fazer julgamentos.

Conceitualização Abstrata (CA) ou "pensar"

Na conceitualização abstrata o aluno procura, lógica e sistematicamente, organizar a informação em conceitos, teorias e princípios. A estratégia é deixar de lado as opiniões e julgamentos

pessoais e obter uma descrição universal ou princípio geral. O modo dominante é a análise das idéias, o planejamento sistemático e ação com base na compreensão intelectual da situação.

Experimentação Ativa (EA) ou "fazer"

Na experiência ativa, o aluno se envolve diretamente com o meio para testar as abstrações. O mundo é tratado, testado e manipulado para obter uma resposta. A estratégia é trabalhar com o real e obter resultados práticos. O modo dominante é o do teste.

A informação sobre os estilos de aprendizagem é importante tanto para os próprios alunos como para os professores. Para o estudante, auxilia na compreensão dos pontos fortes e fracos de seu próprio estilo de aprendizagem e, para o professor, facilita o planejamento das experiências de aprendizagem e a interação professor-aluno.

As características específicas de cada um são descritas no Quadro 2 (kuri,Giorgetti, 1993).

Um dos aspectos de inovação em educação é o entender que a inteligência é uma destreza que pode ser educada (Peres, 1992, p. 206):

“Aprendida (ato do indivíduo) e ensinada (oportunidade para o discente). Isto o assinalam numerosas investigações científicas e, mesmo a prática pedagógica, e ademais mostra a inteligência como resultado do pensamento. O fato de pensar corretamente não é função da inteligência inata nem tampouco da instrução. Fenomenologicamente se associa o poder de algumas disciplinas nos presentes currículos, para desenvolver o pensamento (e.g. as matemáticas). De todas as maneiras o ensinar a pensar é fundamentalmente outra forma de enfrentar os problemas educativos : desde o jardim de infância até os estudos superiores”.

Então, ao partir da hipótese da modificabilidade da cognição, em que medida se pode fazer mais inteligentes as pessoas com o apoio da informática, de forma significativa e duradoura?

Existe a possibilidade de desenvolver modelos computacionais que nos possibilitem "abrir a caixa negra da inteligência humana" e simultaneamente deduzir conhecimentos com os processos de neurofisiologia? Para isto se requer assinalar altas prioridades para as investigações educativas no que se refere aos aspectos quantitativos e qualitativos.

Quadro 2: Estilos de aprendizagem/Características dos estudantes

TIPO	C A R A C T E R Í S T C A S
1 Divergentes	<ul style="list-style-type: none"> - Integram experiência com seus próprios valores e sentimentos - Preferem ouvir e partilhar idéias, aprendendo pela exp. concreta e pela observação reflexiva. - Criativos e inovadores, têm facilidade para propor alternativas, reconhecer problemas e compreender as pessoas. - Gostam de saber o valor do que irão aprender - Questão favorita "Por que?"
2 Assimiladores	<ul style="list-style-type: none"> - Integram experiência com conhecimentos já existentes - São conceitualizadores, utilizam a dedução para resolver problemas - Trabalham bem com muitos detalhes e dados, dando-lhes uma organização lógica - Procuram assimilar novas idéias e pensamentos - São mais interessados pela lógica de uma idéia do que pelo seu valor prático - Questão favorita: "O que?"
3 Convergentes	<ul style="list-style-type: none"> - Integram teoria e prática - Utilizam tanto a abstração como o senso comum na aplicação prática das idéias e teorias - Gostam de resolver problemas práticos e têm bom desempenho nos testes convencionais - Procuram sempre as soluções "ótimas" para os problemas práticos - Combinam a dedução e a indução na solução de problemas - Questão favorita: "Como?"
4 Adaptadores	<ul style="list-style-type: none"> - Integram experiência com aplicação e fazem imediata aplicação da nova experiência - Utilizam a indução na resolução de problemas - Aprendem por ensaio e erro e freqüentemente descobrem o novo conhecimento sem ajuda do professor - Altamente ativos e criativos adaptam-se facilmente às novas situações - Independentes; líderes naturais - Questão favorita: "E se?"

Fonte : Kuri e Giorgetti (1993).

Por outra parte, se propõe do ponto de vista biológico, um esquema em que se representa o que significa em cada época o ciclo de vida do cérebro. A primeira fase associa o cérebro reptiliano aos instintos e sentidos; em continuação está o cérebro dos mamíferos associado com o afeto e a memória; o terceiro ciclo corresponde ao néo-córtex como base da inteligência humana. A fase superior é o cérebro da inteligência abstrata; este último cérebro representa um maior nível de abstração; o cérebro da lógica, da precisão e do saber. Este ciclo de vida é útil para analisar os computadores de V geração. Borrone e Caffaro conceituam que:

"... ou entendemos melhor o que ocorre ou o que ocorre se desentenderá de nós outros. Milhares e milhares de espécies hão desaparecido e outras tantas estão em vias de extinção. Seguramente de uma ou outra maneira todos se defendem até o fim. O homem o fará com os quatro cérebros: não pensa em dar-se por vencido".

Muito interesse se tem demonstrado pela aprendizagem mesmo. Que variáveis e que classe de ambiente influem nas trocas do desempenho humano e nas estruturas do conhecimento? Algumas investigações recentes apresentam um enfoque de processamento de informação que envolve modelos sofisticados de computação para a aprendizagem. Muitos investigadores demonstraram que um software, é difícil de conciliar com a grande maioria das teorias existentes. Se já sugerido, que as metodologias atuais para explicar e proceder desempenhos educativos, são inapropriados.

"Segundo a teoria piagetiana, os estilos de aprendizagem envolvem trocas estruturais cognitivas para o estudante. Um dos desafios para os pesquisadores é de identificar as trocas, quando se dão e de que maneira um sistema ICAI poderia ter em conta e interesse e as capacidades do estudante. Os estilos cognitivos, como se mencionou anteriormente, constituem conjuntos de regras para a seleção e organização da informação que se percebe. Ao construir Modelos de Usuários/Estudantes que incorporem variedades de estilos se aproxima ao melhoramento da comunicação homem máquina com vários propósitos: Determinar as estratégias tutoriais, possibilitar uma maior possibilidade de entender erros de aprendizagem, etc.", (Perez, 1992, p. 208).

Algumas das teorias e abordagens sobre os estilos de aprendizagem sintetizadas por Kuri (1993), são mencionadas a seguir, já que convém salientar que, levar em consideração qualquer uma dessas abordagens poderá trazer consequências diretas no ensino, pois diferentes posicionamentos do professor frente ao processo educativo implicarão em diferentes maneiras de organizar as experiências de aprendizagem.

3.4.1 - Abordagem tradicional

Essa abordagem engloba aspectos diversos de tendências caracterizadas como "ensino tradicional". Não se fundamenta em teorias empiricamente validadas, mas numa prática educacional que persistiu no tempo, fornecendo um quadro referencial para as demais abordagens que a ela se seguiram.

Sua principal característica é a ênfase atribuída ao papel do professor: ele é a fonte principal de informações, o transmissor de conteúdo, o especialista. O ensino, em todas as manifestações desse tipo de abordagem, volta-se para o que é externo ao aluno: os programas, as disciplinas, o professor. O aluno apenas executa as tarefas que lhes são propostas por autoridades exteriores a ele.

A aquisição do conhecimento se realiza, portanto, por meio da transmissão, de onde se supõe o papel importante da educação formal e da escola, lugar por excelência onde se realiza a educação. Na sala de aula, o aluno é instruído e ensinado pelo professor. Comumente, pois, a educação subordina-se à instrução, considerando a aprendizagem do aluno como um fim em si mesmo: os conteúdos têm que ser adquiridos e os modelos imitados.

Em termos gerais, o ensino nesse tipo de abordagem é caracterizado pela preocupação com a variedade e quantidade de noções, conceitos, informações, cuidando e enfatizando a correção, a beleza, o formalismo. As tarefas de aprendizagem quase sempre são padronizadas, ignorando-se as diferenças individuais, pois os métodos não variam ao longo das classes e dentro da mesma classe. A relação professor-aluno é uma relação vertical, sendo que um dos pólos - o professor - detém o poder-de-decisão-quanto aos conteúdos, metodologia e avaliação.

Evidenciando o caráter cumulativo de conhecimento humano adquirido pelo indivíduo por meio da transmissão cultural e pela confrontação com modelos e raciocínios já prontos, a correspondente metodologia se baseia, mais frequentemente, na aula expositiva e nas demonstrações que o professor faz às classes, cuja estrutura de comunicação é inconfundível: diante do professor ficam os alunos, passivos-receptivos, ocupados principalmente em ouvir e, com maior ou menor interesse e anotar. A comunicação é unilateral. Perguntas feitas pelos alunos são raras e comentários paralelos são indesejáveis. O professor determina sozinho a matéria, o ritmo e o nível da aula.

Como não há atividade própria por parte do aluno, não há possibilidade de se avaliar até que ponto a matéria exposta foi assimilada. Quando muito, a avaliação da aprendizagem se deduz dos resultados das provas, em que aliás, dificilmente se pode distinguir entre o que foi assimilado através da aula expositiva e o que foi adquirido através de outras fontes de informação.

O atendimento individual é problemático, pois se o professor atende a um aluno, o restante da classe fica isolado. Também é difícil ao professor saber qual o aluno que precisa de sua ajuda, uma vez que só ele fala. Assim, há uma tendência a tratar a todos da mesma forma: Todos deverão trabalhar no mesmo ritmo, repetir as mesmas informações, enfim, adquirir os mesmos conhecimentos.

Apesar dos modernos meios de comunicação, a posição e a função da aula expositiva quase não se modificaram e o modelo "apresentar o conteúdo - mandar anotar - perguntar na prova",

praticamente não foi superado até hoje. É verdade que existe o aluno do tipo auditivo, cuja receptividade é mais para a língua falada do que para a escrita. Para este, a aula expositiva é realmente a mais adequada. Outros alunos, no entanto, trabalham melhor com a informação escrita, porque eles podem determinar o próprio ritmo de aprendizagem. Outros ainda, aprendem melhor através de atividade orientada pelo professor, como nos trabalhos em grupo e na resolução de problemas. Uma forma de procurar atender a essas diferenças é variar as estratégias de ensino-aprendizagem, mantendo, no entanto, coerência com os objetivos propostos.

Tendo em vista esta situação, a aula expositiva parece ser uma técnica de grande valia quando complementada por outras formas de trabalho, planejada e desenvolvida com cuidado. Talvez se pudesse afirmar que haverá grande probabilidade de sucesso se ela for utilizada com os seguintes objetivos:

- Introduzir um novo assunto;
- Despertar o interesse por um tema específico;
- Apresentar conceitos e princípios fundamentais do tema em questão;
- Sintetizar ou concluir alguma unidade de ensino;
- Dar uma contribuição apoiada em trabalho pessoal ou experiência profissional, ou, ainda, quando as fontes de informação são de difícil acesso aos estudantes.

Convém lembrar que, caso a aula expositiva não dedique o espaço necessário à consideração das múltiplas soluções possíveis de um problema, ela dará a entender que para todas as perguntas há apenas uma resposta correta. Desse modo, a aula expositiva promove o pensamento convergente e a intolerância para com opiniões e pontos de vista divergentes.

Ressalta-se ainda que o seu uso exclusivo não é recomendado pois além do aluno deter informações, ler e escutar, ele precisa refletir, discutir e aplicar os conhecimentos para alcançar uma autêntica assimilação dos conteúdos propostos.

Assim sendo, observa-se que a aula expositiva pode e deve ser utilizada em diversos momentos, de forma integrada com outros procedimentos de ensino. Deve-se destacar, entretanto, que o domínio do conteúdo é o elemento fundamental que tornará viável o desenvolvimento desta e de qualquer outra modalidade de ensino aprendizagem.

3.4.2 - Abordagem comportamentalista

A ênfase nessa abordagem é dada ao planejamento cuidadoso das contingências de aprendizagem, das seqüências de atividade de estudo, e na modelagem do comportamento humano, a partir da manipulação de reforços, desprezando-se os elementos não observáveis ou subjacentes a esse comportamento. Ao professor cabe, portanto, planejar e arranjar as situações de ensino-aprendizagem, de tal forma que o desempenho do aluno seja maximizado, com economia de tempo, esforços e custos.

Tal como na abordagem tradicional, enfatiza-se aqui o produto obtido, a transmissão cultural, a influência do meio, o direcionamento e o controle sobre o que será aprendido. Esta abordagem se baseia, no entanto, não numa prática cristalizada através dos tempos, mas em resultados experimentais do planejamento ou contingências de reforço. Fica clara, portanto, sua orientação empirista: o conhecimento é o resultado direto da experiência.

Se na abordagem anterior, a iniciativa cabia ao professor que assumia, ao mesmo tempo, o papel de sujeito do processo, o elemento decisivo e decisório, nesta abordagem o elemento principal passa a ser a organização racional do processo de ensino-aprendizagem. Embora a ênfase dada à transmissão de informações, à exposição e demonstração do professor, seja substituída pela direção mais eficiente do ensino fornecida pela programação, nota-se, ainda, o direcionamento e as decisões tomadas para o aluno. As relações interpessoais não são enfatizadas, mas a programação do ensino, o que não era possível na abordagem tradicional.

Aqui, os objetivos comportamentais assumem papel decisivo, pois só após o estabelecimento do comportamento final esperado do aluno, se poderá programar os passos do processo e as contingências necessárias para o alcance do objetivo proposto. Em decorrência, os conteúdos transmitidos visam objetivos e habilidades que levam a competência e uma preocupação com os aspectos observáveis e, portanto, mensuráveis do comportamento. Qualquer estratégia de ensino-aprendizagem com base nesta abordagem seguirá, portanto, os princípios da tecnologia educacional.

Segundo essa abordagem, não há modelos ideais de instrução pois a sua eficiência depende da habilidade do professor em planejar e controlar as situações de aprendizagem, de modo a assegurar a aquisição dos comportamentos finais desejados.

As estratégias e táticas que o professor utiliza para que o aluno se comporte da maneira esperada, podem se concretizar em uma ampla gama de modalidades de ensino-aprendizagem, que podem ser mais ou menos ativas, mais ou menos complexas, utilizando ou não recursos instrucionais, incluindo tanto a aplicação da tecnologia educacional, quanto formas de reforço no relacionamento professor-aluno.

Os procedimentos de ensino individualizado constituem-se, em grande parte, de modelos de ensino-aprendizagem que ressaltam objetivos comportamentais, materiais adaptáveis ao ritmo

individual do aluno e um sistema de avaliação abrangente, para controlar e medir os resultados. Podem implicar desde instrução em grupo até aprendizagem completamente independente, podendo ser utilizados em todas as disciplinas, em algumas delas, para todos ou apenas para alguns alunos, pois permitem variações quanto aos objetivos visados, métodos e materiais a serem utilizados e nível de rendimento exigido.

As características comuns à maioria dos modelos de ensino individualizado são: objetivos formulados claramente e especificado em termos de comportamento ou desempenho, conteúdos apresentados em pequenas unidades de ensino; realimentação freqüente, através de avaliações constantes; domínio do conteúdo de cada unidade, como condição para o avanço; auto-controle da aprendizagem; participação ativa do estudante; preferência pelo uso de materiais escritos; respeito ao ritmo próprio de cada aluno e horários flexíveis.

A instrução programada supõe a organização de um programa de estudos, logicamente seqüenciados em pequenos passos, planejados para conduzir o estudante, por meio da auto-instrução e do conhecimento que já dispõe, para conhecimentos e princípios mais complexos que deve dominar. Tem como princípio fundamental a divisão do conteúdo em pequenas doses, a fim de tornar possível o reforço imediato a todas as respostas fornecidas pelo estudante.

A formulação de objetivos comportamentais é também requisito básico para a elaboração de qualquer programa de instrução. Estabelecidos os comportamentos desejados, planeja-se a sucessão de passos do processo e as contingências necessárias que irão conduzir o aluno aos alvos almejados, de tal maneira a reduzir, ao máximo, a probabilidade de ocorrência de erros. Em decorrência, a avaliação é a mera constatação de que, se o programa foi cumprido adequadamente pelo estudante, isso já é garantia de que ele aprendeu e atingiu o objetivo proposto.

Ainda no que diz respeito à avaliação, nota-se que, em ambas as modalidades de ensino, ela está estreitamente ligada aos objetivos, podendo ocorrer no início, durante, ou no final do

processo. Quando utilizada no início do programa, servirá para verificar se o aluno possui (ou não) as habilidades ou conhecimentos que são pré-requisitos para uma determinada unidade de estudos, ou, se já dominou uma unidade para avançar no programa.

Quando a avaliação é utilizada durante o processo servirá, tanto para fornecer informações sobre o progresso alcançado pelo aluno durante a execução do programa, quanto elementos para o professor proceder à reformulações e propor técnicas alternativas, se houver falhas na sua estrutura. No final do processo, a avaliação tem como finalidade oferecer informações sobre a consecução dos objetivos propostos, ou seja, se os comportamentos finais desejados foram ou não alcançados pelos alunos.

3.4.3 - Abordagem cognitivista

A psicologia "cognitiva" investiga como os indivíduos conhecem ou obtêm conhecimento a respeito do seu mundo e como utilizam esse conhecimento para guiar suas decisões e realizar ações mais eficazes. Os psicólogos cognitivistas procuram compreender a "mente" e suas capacidades (ou realizações) na percepção, na aprendizagem, no pensamento e no uso da linguagem. Investigam, portanto, os "processos centrais" do indivíduo, dificilmente observáveis, tais como: organização do conhecimento, processamento de informações, aquisição de conceitos, estilos de pensamento, comportamentos relativos à tomada de decisões e resolução de problemas.

A abordagem cognitivista enfatiza, portanto, os processos cognitivos e a investigação científica. Considera as formas pelas quais os indivíduos lidam com os estímulos ambientais,

organizam os dados, resolvem problemas e empregam símbolos verbais. Embora se note preocupação com o social, a ênfase dada é na capacidade do aluno integrar e processar as informações.

Decorrente desta abordagem, o ensino não consistirá na transmissão de informações, demonstrações, modelos; mas sim, na pesquisa, na investigação, na solução de problemas pelo próprio aluno, mesmo que para isso ele tenha que realizar todas as tentativas de erros pressupostos em qualquer atividade real. Dessa forma, os processos pelos quais a aprendizagem se realiza assumem papel predominante: o ponto fundamental do ensino consiste em processos e não em produtos de aprendizagem, como nas abordagens anteriores.

Nesta perspectiva, o ensino deverá ser organizado de tal forma que evite a formação de hábitos, contribuindo mais para o desenvolvimento de mecanismos intelectuais que permitirão ao aluno adquirir novos conceitos, estabelecer relações, levantar hipóteses e apresentar soluções aos novos problemas que lhe serão apresentados. Ao professor caberá, então, evitar a rotina, as respostas padronizadas, os hábitos. Deverá propor problemas aos alunos, sem contudo apresentar as soluções, oferecendo-lhes ampla liberdade de trabalho para que eles elaborem suas próprias conclusões. Ao estudante deve restar muito a fazer, pois só assim ele será capaz de resolver sozinho futuros problemas.

Uma metodologia coerente com essa abordagem, deverá promover a investigação, a pesquisa, a experimentação e a solução de problemas, levando o aluno a adquirir tanta experiência pelo trabalho autônomo quanto possível. Qualquer estratégia didática segundo esses princípios implicará, portanto, em programas, técnicas e horários flexíveis e adaptáveis às condições dos alunos, respeitando o ritmo de trabalho individual e/ou do grupo, com atividades e materiais de ensino suficientemente diversificados para atender aos diferentes estilos de aprendizagem.

No que se refere a avaliação, não deverá haver pressão no sentido de desempenho acadêmico padronizado, pois o produto das investigações realizadas pelos alunos resultará sempre

em um trabalho original. Assim, a avaliação consistirá em verificar se o estudante adquiriu noções e operações, estabeleceu relações e, também se foi capaz de aplicar as noções e operações adquiridas através da pesquisa, às novas situações.

3.4.4 - A matética computacional

Segundo a teoria piagetiana, os estilos de aprendizagem envolvem trocas estruturais cognitivas no estudante. Um dos desafios para os investigadores é o de identificar estas trocas, quando se dão e de que maneira um sistema EIAC poderia levar em consideração o interesse e as capacidades do estudante. Os estilos cognitivos, como se mencionou anteriormente constituem conjuntos de regras para a seleção e organização da informação que se percebe. A identificação dos estilos, em última instância, da maneira e forma como pensamentos são processados. Construir Modelos de Usuários/Estudantes que incorporem uma variedade de estilos melhora a comunicação homem-máquina de várias formas: determinam estratégias tutoriais, possibilitam um melhor meio de entender erros de aprendizagem, etc

Porem, apesar da conveniência e sem negar o valor e a contribuição das teorias de Piaget e Kolb, pensamos que existe a necessidade de uma nova teoria da aprendizagem computacional. Esta hipótese se deduz da sugestão do Psicólogo Shuel (1986) e Dede (1986) que é quem assinalaram que tem havido menos investigação na aprendizagem que em computação. De fato existe abundante software educativo empírico. Tal software precisa ser contrastado com as teorias existentes; se exige determinar uma nova teoria de tal maneira que satisfaça certos requerimentos (Perez, 1992, p. 209).

O conotado investigador John Self propõe por outro lado a criação de uma nova disciplina que denomina Matética Computacional que vem do grego *mathanein* que significa "aprender" cujas funções seriam entre outras, o de estudar os princípios teóricos da aprendizagem e do ensino automatizado em ambientes computacionais e por outro, como orientar o projeto de sistemas inteligentes que ensinam e aprendem. Self a define a matética computacional como aquela que se refere ao estudo da aprendizagem e de como o aluno pode ser estimulado empregando técnicas, conceitos, e princípios da informática e da Inteligência Artificial - IA, Self(1991). Por sua parte a Doutora Rosa M. Viccari da Universidade Federal do Rio Grande do Sul - Brasil, promoveu um discurso no simpósio da Sociedade Brasileira para IA-SBIA91; em que questiona os produtos de aprendizagem (tais como conhecimentos, crenças, perícias), as formas de aprendizagem(e.g. instrução, exploração, reflexão), os modelos de raciocínio de aprendiz, as estratégias tutoriais e a formalização dos princípios tutoriais. Viccari propõe identificar os princípios teóricos e metodológicos desde o ponto de vista da Psicologia Cognitiva, investigar as técnicas de aprendizagem maquinais em tutores especialistas e finalmente investigar as consequências de adotar enfoques de dois agentes versus agentes múltiplos em novas arquiteturas de tutores inteligentes.

Igualmente James Albus esquematiza um modelo que integra as investigações e desenvolvimentos a partir da Engenharia de Conhecimento tanto nos sistemas naturais como nos artificiais como linearmentos elaborados e concretos até uma teoria geral da inteligência, condição básica se quiser um desenvolvimento rápido na construção de sistemas inteligentes que tenham um desempenho com sucesso, Albus (1991). O mencionado autor se apoia no conhecimento derivado de diferentes vertentes tais como a Neuroanatomia (mapas cognitivos), Neurofisiologia (computações neuronais da informação), Psicofísica (claves de percepções), Linguística Computacional, Investigação Operacional, Teoria dos Jogos, a Teoria da Comunicações, etc. (Perez, 1992, p. 209).

Parte de um esquema elementar que expande a diferentes níveis de abstração e generalização: Modelo do Mundo (estados), Sistema de Valor (juízos), Modelo de Geração de

Comportamentos, Sistema de Processamento Sensorial (percepção); os quais inter-atuam de modo espacial e hierárquico. A proposta de Albus se estrutura sobre uma série de teoremas, axiomas, suposições e definições seguindo uma sistemática de definição de modelo muito conhecida atribuída a Alan Turing. Albus re-elabora uma definição ampla da inteligência em várias dimensões: Habilidades, percepções, reconhecimentos, tomada de decisões, comportamentos, atitudes etc. É de reconhecer que a proposta de Albus procura recolher com êxito o conhecimento de diferentes saberes e apresenta uma arquitetura sistêmica com grandes possibilidades para seu emprego em sistemas informáticos educativos de comportamento autônomo. Apesar disso se observa uma ausência de um modelo teórico o suficientemente completo que com apropriado rigor matemático possibilite a construção segura (qualidade total) de sistemas inteligentes, no sentido dado por L.V. Bertalanffy e G. Klir na Teoria Geral de Sistemas (Perez, 1992, p. 209).

Cabe destacar que, segundo R. Shank, a aprendizagem é a quintessência dos problemas educativos: o que a gente lê que é atrativo e motivante é o que se pode aprender (Shank, 1987). porém, como o sustenta R. Feuerstein e Guilford, a aprendizagem promove trocas de condutas no homem mas não necessariamente uma melhoria. É necessário estabelecer claramente uma relação entre inteligência e aprendizagem. Feuerstein sustém que a inteligência está associada com a habilidade de enfrentar-se situações novas e complexas mediante a capacidade que tem o sujeito de empregar experiências previamente adquiridas para enfrentar o novo e o complexo. Neste sentido a inteligência é mais que a habilidade superior de encontrar respostas: é também a possibilidade de questionar e refletir criticamente sobre estas novas situações.

Cabe destacar que as modificações no comportamento nem sempre são positivas em termos da cognição; para alguns a aprendizagem não é sinônimo de inteligência senão que se é inteligente na medida em que se consolida a memória de curto termo.

3.5 - Delineamentos de uma pedagogia construtivista

Segundo Maturana e Varela (1972, p. 65), são dois os mecanismos possíveis capazes de dar origem às reproduções sequenciais, o único acessível aos sistemas autopoieticos, na ausência de um mecanismo copiador independente, é a auto-reprodução, devido às coincidências entre o mecanismo reprodutor e o de constituição da unidade. Em realidade o processo de cópia só se efetua associado com o funcionamento dos sistemas vivos, em particular na aprendizagem cultural. A evolução cultural tem lugar mediante cópia sequencial de um modelo alterante, no processo de doutrinação social, geração após geração.

Diversos domínios de assuntos são pois transmissíveis. Quem o possui (o professor) pode oferecê-lo a quem não o possui (o aluno), sem risco de que se modifique no caminho. Assim, o aluno não pode alterar a estrutura do discurso; sua tarefa consiste em desenvolver essa realidade da qual fala o professor. Com graus variáveis de intensidade, este tem sido o enfoque dominante nos sistemas educativos principalmente do terceiro mundo. Subjacente à maioria dos textos e planos de estudo dos diversos níveis escolares, aos processos de avaliação e ainda a muitos trabalhos de investigação educativa. Os resultados, porém, não tem sido de todo os esperados: pode detectar-se um sentimento de insatisfação, quando não de fracasso, tanto em professores como estudantes. A respeito disso as estatísticas são eloquentes.

Kuri e Georgetti (1993), apresentam um trabalho baseado nas pesquisas feitas por de Harb, J.N. (1991) e publicadas no documento *Teaching Through the Cicle*, pela *Brigham Young University*, Utah, 1991, mostrando os estilos de ensino aprendizagem preferidos pelos estudantes e professores dos cursos de engenharia. Os resultados estão especificados no quadro 3, a seguir:

Quadro 3: Estilos de Ensino\aprendizagem preferidos pelos Estudantes e Professores de Engenharia

TIPO/ MODALIDADE	ESTUDANTES (%)	PROFESSORES (%)
1	10	10
2	40	50
3	30	30
4	20	10

Fonte : Kuri e Georgetti (1993)

De acordo com esses resultados pode-se notar que o ensino tradicional prevalece nos cursos de engenharia e que esse estilo de ensino é aceito (e preferido) por uma significativa fração dos alunos. É também verdade que os professores aprenderam "como ensinar" observando seus próprios professores cujos métodos de ensino eram predominantemente expositivos.

Esses estilos de ensino preferidos pelos professores e que, geralmente, correspondem aos seus próprios estilos individuais de aprendizagem, são descritos por Kuri e Georgetti nos quatro tipos que (correspondem a pesquisa apresentada no quadro anterior), especificado no quadro 4.

A tese central das concepções construtivistas, é que o conhecimento não é algo que se recebe passivamente, senão que o sujeito cognoscente (o aluno) o constrói a partir de sua atividade intelectual. Os objetos de alguns domínios do assunto, como por exemplo da matemática já não habitam um mundo exterior ao sujeito cognoscente, senão que o mesmo os constrói. Podemos afirmar, então, que a função de seu sistema cognitivo consiste em organizar o mundo de sua experiência mediante um processo contínuo de assimilações e acomodações.

Em cada momento o aluno (sujeito cognoscente) entra em contacto com certa informação que ao ser assimilada por seu sistema cognitivo o desequilibra, sendo necessário uma reacomodação do mesmo, devido a presença da nova informação. O processo de decodificação de dita informação depende do grau de desenvolvimento do sistema cognitivo nesse momento. Isto foi dito por N. Hanson, através de uma frase surpreendente (Moreno, 1992, p. 167).

"Toda observação está carregada de teoria".

Quadro 4 - Estilos de Ensino/Características dos Professores

TIPO/MODALIDADE	C A R A C T E R Í S T I C A S
1 RELAÇÕES	<ul style="list-style-type: none"> - Visam o desenvolvimento pessoal dos alunos - Altamente motivadores, tendem a desenvolver bom relacionamento com os alunos - Procuram desenvolver a cooperação e a discussão de valores e significados - Gostam de engajar os alunos em discussão sobre a vida profissional e social - A estratégia de ensino envolve questionamento e discussão em sala de aula
2 TRANSMISSÃO CONHECIMENTO	<ul style="list-style-type: none"> - Visam a transmissão de conhecimentos - Na sala de aula, ele é a autoridade - Livros textos são geralmente escritos por eles e devem ser seguidos rigorosamente - A estratégia de ensino é tradicional (aula expositiva)
3 HABILIDADES	<ul style="list-style-type: none"> - Visam produtividade e competência - Procuram ensinar as habilidades necessárias para ser um bom profissional - São altamente independentes e querem que seus alunos o sejam - A estratégia de ensino combina aula formal com laboratório e atividades extra classe
4 AUTO DESCOBERTA	<ul style="list-style-type: none"> - Encorajam a aprendizagem experimental e a auto-descoberta - São estimuladores e dramáticos - Procuram expandir os limites intelectuais de seus alunos - A estratégia de ensino envolve variados métodos e técnicas, de acordo com as necessidades

Fonte : Kuri e Georgetti (1993)

Dentro do enfoque construtivista, o conhecimento é sempre contextual, nunca separado do sujeito cognoscente. Em cada acercamento a um objeto de conhecimento, o sujeito vai assinalando significados em função do lugar que esse novo objeto ocupa em seu sistema cognitivo, de maneira que, a determinação conceitual de um objeto é dada através de numerosos estratos conceituais que vão desde os acercamentos mais intuitivos até outros de alto grau de organização conceitual.

No caso particular do domínio do assunto relacionado com as matemáticas, de acordo às teses da epistemologia genética (de cunho construtivista), este é resultado da reflexão que o sujeito realiza sobre suas próprias ações interiorizadas. O que nos interessa enfatizar é o papel ativo do sujeito no processo de aquisição do conhecimento que é em realidade um processo de construção. A interação social (a escola) permite uma troca interna de modelos conceituais, que conduz a interpretações compartilhadas. Daí a sensação de objetividade que parece ter o conhecimento matemático.

Quando se fala de funções, superfícies, etc., nenhum destes conceitos corresponde, em sentido estrito, a um fenómeno do mundo material. São resultado da abstração reflexiva do sujeito, que organiza sua experiência em esquemas de ação intelectual, este é, em marcos conceituais o que chamamos modelos. Para a didática é crucial que tais modelos fiquem substanciados desde a experiência intelectual do estudante. Para compreender uma situação, um conceito matemático, isto é, para se ter a possibilidade de decodificar uma certa dose de informações, é necessário que o estudante possua um modelo de tal situação. Por exemplo, se o tema de estudo são as funções, os gráficos dessas constituem um modelo para compreender noções como função monótona, função contínua, etc. Em determinado momento, o modelo pode mostrar insuficiências para chegar a construir determinados conceitos. Por exemplo, o modelo geométrico das funções é adequado se estamos considerando funções deriváveis.

Porém se consideramos funções contínuas sem derivada, este modelo somente nos pode prestar um auxílio muito parcial já que tais funções não se podem graficar. Aí aparece a necessidade de recorrer a outro modelo o que nos mostra o carácter parcial destes modelos de uso. Podemos requerer vários modelos que correspondam a diferentes estratos conceituais. Os objetos matemáticos se operam ao nível de modelos simbólicos (como no exemplo precedente); estas ações simbólicas permitem a geração de relações entre diferentes objetos e entre diferentes representações (modelagens) de um mesmo conceito. Desta maneira se avança até a construção de modelos cada vez

com maior nível de organização conceptual (e formal) razão pela qual tal modelo é mais estável (Moreno, 1992, p. 168).

Poderá parecer paradoxal, porém isso faz que os objetos “conceitos matemáticos” tenham para nós outros um maior nível de concretização (Moreno, 1992, p. 168).

Psicólogos da linha do Gestalt (Wertheimer, 1959) distinguem duas formas de se aprender a resolver problemas: Aprendizado conduzido e entendimento. Por exemplo, com respeito ao aprendizado de Matemáticas é feita freqüentemente, ou pelo menos deveria ser feita, uma distinção entre "conseguir a resposta correta" e "entender o que se está fazendo".

Em um exemplo clássico, Wertheimer sugere que existem dois caminhos básicos para ensinar a uma criança como encontrar a área de um paralelogramo.

O primeiro método envolve traçar uma linha perpendicular, medir a altura da perpendicular, medir o comprimento da base e calcular a área usando a fórmula $\text{área} = \text{base} * \text{altura}$. É a isto que Wertheimer denomina de aprendizagem conduzida ou ainda, de modo mais contundente, de método sem sentido, pois o aluno é levado a memorizar uma fórmula e um procedimento para utilizá-la.

O segundo método pede para o estudante explorar o paralelogramo visualmente até que ele perceba que é possível cortar um triângulo de uma das pontas, colocá-lo na outra ponta e formar um retângulo. Desde que os estudantes já saibam como calcular a área de um retângulo, o problema está resolvido. Wertheimer chama este método de "entendimento estrutural" ou “aprendizado de relações significativas”, pois o estudante ganha uma visão da estrutura dos paralelogramos.

De acordo com Wertheimer, se for dado um teste resolvendo paralelogramos do mesmo tipo dos que são usados durante o processo de instrução, ambos os grupos de crianças irão obter bons resultados. Entretanto se for dado um teste que envolva paralelogramos não usuais, os

"aprendizes conduzidos" irão dizer que não lhes foi ensinado aquele conteúdo, enquanto os "entendedores" serão capazes de derivar a resposta. Este exemplo sugere que quando se tem pelo objetivo o uso criativo de informações técnicas, é importante usar métodos e ambientes que favoreçam o entendimento (Rocha, 1992, p. 186).

Segundo Perez (1992, p. 210), as Teorias geral da Inteligência e da Aprendizagem, deveriam ao menos cumprir com o seguinte:

a) Em termos gerais:

- Ter um grande poder de explicação dos processos da inteligência e da aprendizagem respectivamente.
- Ter um grande poder de explicação do comportamento e desempenho do estudante e dos resultados educativos.
- Permitir melhores métodos para o ensino e a aprendizagem.
- Favorecer o desenvolvimento de novas estratégias tutoriais para sistemas de aprendizagem e ensino automáticos.
- Facilitar a troca de experiências e conhecimentos entre diferentes espaços. e.g. homem máquina, interação homem máquina, outras inteligências, etc.
- Possibilitar a construção de exemplares (instanciações) das inteligências (biológica, humana, animal) em sistemas artificiais inteligentes.
- Aproveitar adequadamente as tecnologias de informação e de conhecimentos.
- Possibilitar o projeto e construção de melhores modelos computacionais da cognição.

b) Em termos das pedagogias:

- Permitir aclarar o problema da sequência que regularizará a transmissão.
- Não exigir um controle público explícito.
- Fazer abstrações de relações sociais e institucionais explícitas.
- Apontar as relações sociais hierárquicas implícitas.

Como se sabe, o poder, que influência e emprego dos computadores na educação estará continuamente aumentando, pelo qual se requererá o incorporar melhores princípios teóricos e metodológicos já baseados em uma nova teoria geral do aprendizagem e da inteligência, ou na nova ciência da matemática computacional, que conduzam a resultados melhores desde o ponto de vista da aprendizagem autônoma e de estimulação da inteligência como do ensino automático.

Uma possível desvantagem que se tem observado amplamente em muitos centros acadêmicos é que alguns projetos de investigação em Psicologia terem que justificar-se primariamente como se fossem investigações computacionais. Isto se deve principalmente ao fato do computador ter características de motivador intrínseco que está liderando as prioridades em investigação. Parece que este esforço adicional poderia conduzir a maiores desenvolvimentos, em que investigações realizadas em duas frentes promoveriam um melhor desenvolvimento teórico (Perez, 1992, p. 211).

Como é conhecido, existe uma metáfora amplamente divulgada em que o computador se pode considerar como amplificador do cérebro de homem, segundo o afirma Thinkomorov. Neste sentido cremos que o novo sistema ELAC pode considerar-se como amplificador da aprendizagem humana com relação às possibilidades de simular ambientes de aprendizagem e os estilos pessoais correspondentes.

O abandono do uso simplista do computador, favorecido pelas inovações tecnológicas e da IA, e os reclamos educativos, sugerem que o computador assumirá um novo papel: o de ferramenta cognitiva.

4 - REPRESENTAÇÃO DE CONHECIMENTO

Para solucionar os problemas complexos encontrados na inteligência artificial, é preciso uma grande quantidade de conhecimento e também alguns mecanismos para uma manipulação desse conhecimento, a fim de criar soluções para novos problemas. Uma série de maneiras de representar o conhecimento (fatos) tem sido explorada em programas de IA. Mas, antes de falarmos sobre elas individualmente, precisamos considerar o seguinte ponto, que tem a ver com todas as discussões sobre representação, especificamente o fato de estarmos lidando com dois tipos diferentes de entidades (Rich, Knigh, 1994). Fatos: verdades em alguns mundos relevantes. São as coisas que queremos representar. Representações de fatos em algum formalismo escolhido. São as coisas que realmente conseguimos manipular.

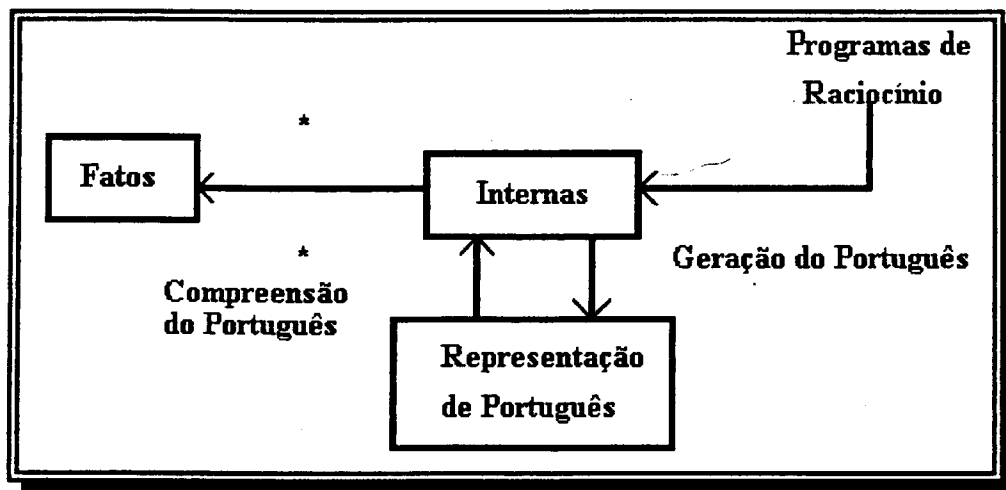
Podemos pensar em estruturar essas entidades em dois níveis:

- O nível de conhecimento, no qual os fatos (inclusive o comportamento e os objetivos atuais de cada agente) são descritos.
- O nível de símbolo, no qual as representações dos objetos no nível de conhecimento são definidas em termos de símbolos que podem ser manipulados por programas.

Existe uma representação de fatos que é tão comum que merece atenção especial: as frases em linguagem natural, (como por exemplo, frases em português). Independente da representação de fatos que usamos em um programa, podemos também estar interessados em uma representação dos fatos na nossa língua, a fim de facilitar a obtenção de informações de e para o sistema. Neste caso, também precisamos usar as funções de mapeamento de frases da nossa língua para a representação que iremos realmente usar, e desta de volta para frases. A Figura 1 mostra como esses três tipos de objetos relacionam-se uns com os outros.

Alguns conceitos básicos ao estudo das formas de representação de conhecimento mais usuais ou apropriadas na construção de sistemas EIAC são:

Figura 1 : Mapeamentos entre fatos e representações



Fonte : Rich é Knigth (1994)

4.1 - O conhecimento

A realidade, percebida pelos sentidos, é baseada em entidades inter-relacionadas que conhecemos com o nome genérico de sistema. Os sistemas possuem entidades que constituem sua essência ontológica, as quais têm atributos que podem agrupar-se por sua semelhança, sua contigüidade, seu contraste ou complemento, determinando-se vínculos estruturais de relação ou associação e vínculos funcionais de pose ou de inferência.

Os atributos requerem uma representação simbólica para estabelecer seu nível de descrição, seja este qualitativo (adimensional) ou quantitativo (dimensional). Esta representação recebe o nome de dado, o qual pode ser oral (Fonema), gráfico (Gráfema), gestual (Quérema) ou escrito (Mónema ou Sentagma).

Um conjunto de dados analisados e organizados sob um determinado contexto e que satisfaçam um objetivo específico recebe o nome de informação. O estudo da informação deu como resultado, o campo científico da semiótica, o qual estuda a teoria lógica dos sistemas de dados dentro dos conceitos de Significação ou de Comunicação. Existe significação quando existe uma possibilidade estabelecida por uma convenção tal que permita uma correlação entre signo e significado. Existe comunicação quando se aproveitam as possibilidades para produzir fisicamente expressões mediante um determinado processo de codificação, transmissão e decodificação. Utilizando a comunicação conhecemos a informação. A qual mediante dados, representa simbolicamente os atributos de um sistema que pertence a uma determinada realidade.

Um elemento básico para a comunicação é a linguagem natural, que como o Inglês, Francês, Português, Espanhol, entre outros, é formada por um conjunto de signos que têm um valor significativo estruturado em vários níveis:

O Léxico.- Conjunto de signos utilizados (Fonemas, Morfemas, Quéremas, etc.).

A Morfologia.- Estrutura dos símbolos utilizados para representar cada signo (Léxemas e Morfemas).

A Sintaxe.- Função de cada signo na estrutura significativa (Sentagmas).

A Semântica.- O significado de cada signo (Semântemas).

Ao estabelecer-se um processo de acoplamento (comunicação), o receptor ou perceptor sofre um processo de desequilíbrio que, como se viu no capítulo anterior, recebe o nome de cognição, mediante o qual chega a conhecer uma entidade ou realidade, utilizando a percepção (os sentidos) , o raciocínio (a associação), a intuição (a criatividade) ou a experiência (a repetição). O processo cognitivo cria descrições (definições, proposições ou inferências), isto é informação acerca do estímulo que recebe e no qual se conjugam diferentes faculdades mentais tais como perceber, aprender e recordar. Intimamente ligada com os conceitos de cognição se encontra a Inteligência Artificial - IA, a qual trata de emular estes conceitos no computador.

Uma vez estabelecido o processo de cognição se determina o conhecimento, o qual poderíamos definir como a soma ou totalidade de tudo aquilo que foi percebido mediante o processo de Cognição ou estruturado mediante o processo de concepção (raciocínio ou inferência).

Conceber é a atividade mental mediante a qual resultam conceitos ou idéias que tem por base os estímulos percebidos, os quais determinam os conceitos de entender e de compreender, que culminam no processo cognitivo para se chegar ao conceito de saber.

Entender é uma operação elementar que se realiza ao finalizar a correspondente decodificação do processo cognitivo, quando se conhece o que se quer expressar ao utilizar símbolos conhecidos que correspondem a um Léxico. Entender é um processo lógico que necessita da

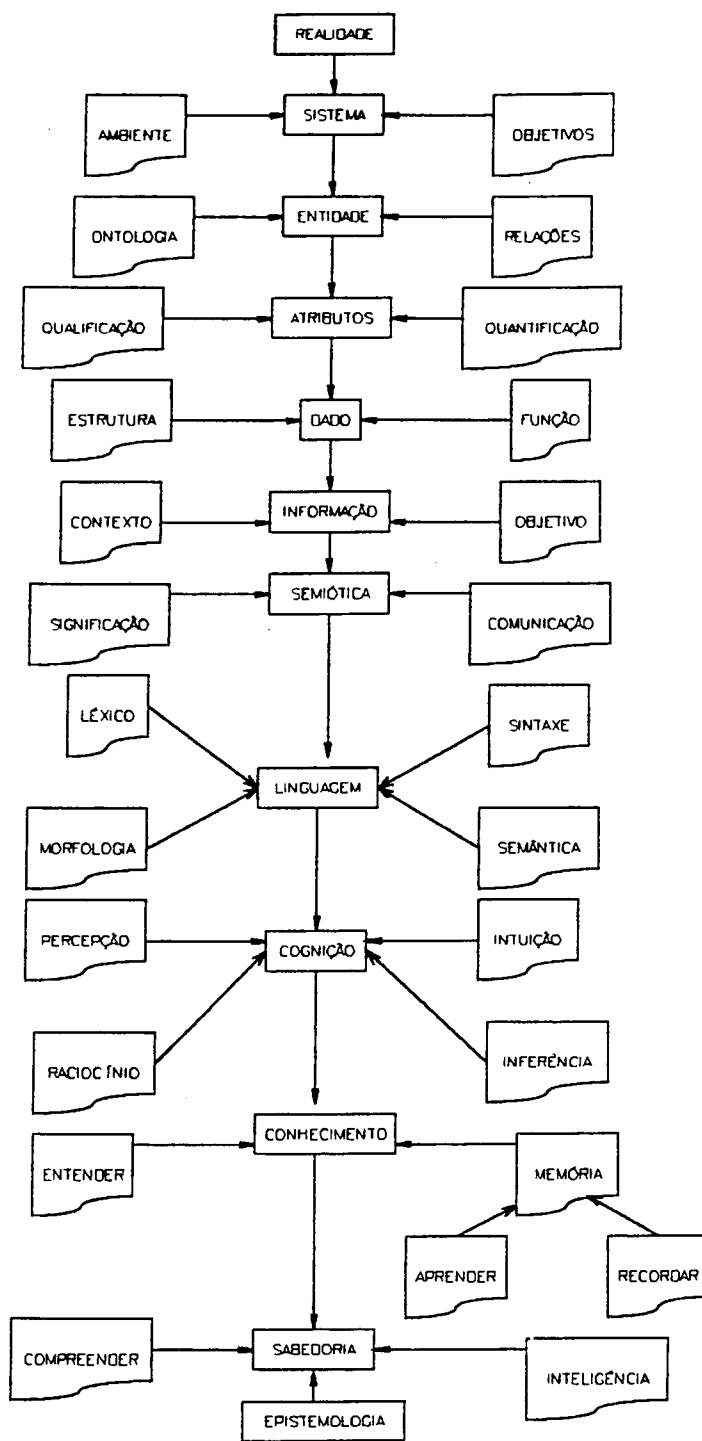
memória e realiza um processo de análise. Se entende um fato, um evento, uma relação, uma palavra, etc.

Compreender é uma operação complexa que se realiza ao integrar (associar) informação para lograr conhecimento sobre uma realidade (sistema). Compreender é um processo psicológico que necessita da inteligência e realiza um processo de síntese. Se compreende uma realidade, um raciocínio, uma inferência, um sistema e todas sua possíveis relações, etc.

Cabe destacar que a inteligência é entendida aqui como a habilidade que tem um organismo autopoietico em utilizar seus conhecimentos (informação armazenada) de uma forma eficiente e de acordo com um certo objetivo.

A estrutura semântica do descrito pode ser observada no diagrama da Figura 2, proposta por Puleo (1992, p. 301).

Figura 2: O Conhecimento



Fonte: Puleo (1992, P. 301).

4.2 - Representação do conhecimento

Um problema fundamental para a Cognição e para a IA é o de como representar o conhecimento que possui uma pessoa. Baseado no que atualmente se conhece como Engenharia do Conhecimento ou Sistemas Especialistas, acredita-se que se deve dispor de uma representação, ou em geral, de um modelo cognitivo, que de resposta às seguintes perguntas:

- a** - Quais são os signos e conceitos primitivos ou canônicos?, isto é o léxico.
- b** - Qual é sua estrutura?, isto é a morfologia.
- c** - Como se relacionam entre si e se concatenam para formar estruturas cognitivas?, isto é a sintaxe.
- d** - Como se guardam, se recuperam, se modificam ou se utilizam na resolução de situações (problemas) da vida real?, isto é, a utilização semântica.

Determinado-se (Anderson, Bower, 1973), que um bom modelo cognitivo deveria atender com as seguintes condições:

- a** - Deve ter capacidade de representar a maioria de das descrições que possa formular ou entender um ser humano.
- b** - Deve mostrar de maneira simples e pragmática a informação essencial extraída de uma determinada descrição.
- c** - Deve conter um mínimo de categorias formais, tanto morfológicas como sintáticas.
- d** - Deve permitir uma busca e recuperação relativamente eficiente de descrições básicas.

e - Deve facilitar a expressão, busca e recuperação de relações concatenadas.

É assim que podemos caracterizar as Representações de Conhecimento usadas em IA como:

4.2.1 - Representação por lógica matemática

A lógica, que é o estudo matemático e filosófico mais antigo sobre a natureza do raciocínio e do conhecimento, foi um dos primeiros esquemas de representação usados em IA.

4.2.1.1 - Lógica proposicional

A forma mais simples de lógica é a Lógica Proposicional. Nela as expressões são chamadas de proposições que podem tomar dois valores possíveis: falso ou verdadeiro. Por exemplo, as expressões "o carro de Tiago é azul" e "Ademar é tio de Mirna" são proposições. Se existir uma pessoa chamada Tiago que possua um carro de cor azul, então a primeira proposição é verdadeira.

As proposições simples podem ser combinadas através de conectores lógicos para formar proposições compostas. Existem cinco conectores lógicos: "E", "OU", "NÃO", "IMPLICA" e "EQUIVALÊNCIA"; seus símbolos são respectivamente " \wedge ", " \vee ", " \neg ", " \Rightarrow " e " \Leftrightarrow ".

O seguinte exemplo de uso de lógica proposicional foi proposto por Lopes Passos (1989, p. 30).

"Suponhamos que Zico está em tal situação que ele estaria disposto a visitar Pelé, só se Pelé estivesse disposto a visitá-lo; e que Pelé está em tal situação que ele não estaria disposto a visitar Zico, se Zico estivesse disposto a visitá-lo, mas estaria disposto a visitar Zico, se Zico não tivesse disposto a visitá-lo.

Suponha que usaremos os símbolos proporcionais A e B para representar conhecimentos:

A - "Zico está disposto a visitar Pele".

B - "Pelé está disposto a visitar Zico".

A descrição anterior seria representada nos seguintes fatos:

Zico: $(B \Rightarrow \neg A) \wedge (\neg A \Rightarrow B)$ (se Pelé está disposto então Zico não está e se Pelé não está disposto então Zico está disposto a visitá-lo).

Pelé : $(A \Rightarrow B) \wedge (\text{se Zico está a disposto, então Pelé está disposto a visitá-lo})$.

Ou seja, estas duas fórmulas axiomatizam (através dos dois fatos Zico e Pelé) em lógica proposicional (ou sentencial) o nosso conhecimento acerca do estado de espírito desses dois famosos jogadores.

4.2.1.2 - Lógica dos predicados ou lógica de primeira ordem

Entretanto, para os propósitos da IA, a lógica de proposições não é muito útil. Para podermos representar apropriadamente nosso conhecimento do mundo com algum formalismo, devemos poder expressar não somente proposições verdadeiras - V ou falsas - F, mas também expressar ou descrever objetos e generalizações sobre classes de objetos. A lógica de predicados satisfaz esses objetivos.

A maior vantagem dessa forma de representação é a facilidade de manipular e deduzir novos fatos a partir de fatos já conhecidos. A maior desvantagem dessa representação é a dificuldade para determinar quais fatos podem ser relevantes durante um processo ou não.

Ilustraremos estes conceitos com o seguinte exemplo proposto por Lopes Passos (1989, p. 32).

Considere as seguintes frases (conhecimento) e sua representação:

1) "Todo amigo de Paulo é amigo de Estevão".

$\forall x, \text{Amigo}(x, \text{Paulo}) \Rightarrow \text{Amigo}(x, \text{Estevão})$

2) Um dicionário de programas e arquivos.

A - Descrição do Problema

Considere um dicionário simples contendo os programas e arquivos usados em um determinado sistema. Cada programa possui como atributo apenas a linguagem de programação em

que foi escrito e cada arquivo apenas o tipo de organização física. O dicionário mantém ainda os arquivos usados e os programas chamados por cada programa.

B - Alfabeto do Dicionário

Usaremos estes símbolos com o seguinte significado:

Consoantes: possíveis nomes de programas, arquivos, linguagens de programação e métodos de organização de arquivos.

Programa (n,m): n é o nome do programa escrito na linguagem m.

Arquivo (n,m): n é o nome do arquivo cuja organização é m.

Chama (n,m): o programa n chama o programa m.

Usa (n,m): o programa n usa o arquivo m.

Depende (n,m): o programa n usa ou chama direta ou indiretamente m.

C - Estados do dicionário

O alfabeto descrito em **B**, descreve a organização lógica do dicionário descrito em **A**, mais deixa em aberto que restrições os dados deverão satisfazer para refletir uma configuração possível da aplicação. Exemplos de restrições são: dois programas não podem ter o mesmo nome, ou, se n chama m, ambos devem ser programas cadastrados. Um estado do dicionário que satisfaz a todas as restrições é chamado de consistente.

Agora, para completar a descrição do dicionário, vamos descrever as restrições desejadas, primeiro dando o enunciado informal e em seguida a representação do conhecimento desse enunciado, usando a lógica de primeira ordem.

Restrição 1: "As únicas linguagens de programação admitidas no momento são:

FORTRAN, COBOL, PASCAL, PROLOG e LISP.

$P1 \forall x. \forall y (\text{programa}(x,y) \Rightarrow (y = \text{fortran}$

$\vee y = \text{cobol} \quad \vee y = \text{pascal}$

$\vee y = \text{prolog} \quad \vee y = \text{lisp}))$

Restrição 2: "Todo programa é escrito em uma única linguagem".

$P2 \forall x \vee y \vee z (\text{programa}(x,y) \wedge \text{programa}(x,z) \Rightarrow y = z)$

Restrição 3: "As únicas organizações de arquivos admitidas no momento são SEQUENCIAL,

DIRETA E INDEXADA".

$A1 \forall x \vee y (\text{arquivo}(x,y) \Rightarrow$

$(y = \text{seqüencial} \vee y = \text{direta})$

$\vee y = \text{indexada}))$

Restrição 4: "Todo arquivo possui uma única organização física".

$A2 \forall x \vee y \vee z (\text{arquivo}(x,y) \wedge \text{arquivo}(x,z) \Rightarrow y = z)$

Restrição 5: "Se x chama então x e y são programas cadastrados no dicionário".

$$C1 \vee x \vee y (chama(x,y) \Rightarrow (\forall z(programa(x,z)) \wedge \forall w(programa(y,w))))$$

Restrição 6: "Se x usa y então é um programa e y é um arquivo cadastrado no dicionário".

$$C2 \vee x \vee y (usa(x,y) \Rightarrow (\forall w(programa(x,y) \wedge arquivo(y,w))))$$

Restrição 7: "Se x chama y então x depende de y".

$$D1 \vee x \vee y (chama(x,y) \Rightarrow depende(x,y))$$

Restrição 8: "Se x usa y então x depende de y".

$$D2 \vee x \vee y (usa(x,y) \Rightarrow depende(x,y))$$

Restrição 9: "se x depende de z e z depende de y então x depende de y".

$$D3 \vee x \vee y \vee z (depende(x,z) \wedge (x,y) \Rightarrow depende(x,y) \Rightarrow depende(x,y))$$

Portanto, com esses exemplos, verificamos como passar de uma descrição de um problema para representação em Lógica. Essa representação será usada pelo motor de inferência de um sistema especialista, para fazer suas deduções lógicas. E esse motor de inferência usará conhecimentos dedutivos da Lógica, como Resolução, Modus Ponens, etc.

4.2.2 - Regras de produção

Essa segunda maneira de representar conhecimento é a mais utilizada nos diversos Sistemas Especialistas existentes no mercado mundial.

Neste esquema, os conhecimentos são representados através de pares condição-ação. As regras (base de conhecimento) têm duas partes:

Uma antecedente ("se") e outra conseqüente ("então").

Por exemplo: SE em astronomia

Regra N

(se) o corpo perde energia de rotação (então) o período aumenta.

Durante a execução do sistema, se a parte esquerda de uma produção for satisfeita, ele pode disparar, isto é, a ação indicada pelo lado direito pode disparar.

O seguinte exemplo, proposto por Lopes Passos (1989, p. 37) ilustra sua forma de utilização:

Um Sistema Especialista para diagnóstico de reparo de uma caixa de mudança de um carro de combate.

Regra M

(se) a viatura não faz a curva e a pressão do óleo da embreagem da direção é normal (então) há avaria no sistema de embreagem da direção.

Regra M+1

(se) há avaria no sistema de embreagem da direção e o ruído de acionamento das embreagens é normal (então) há avaria nos discos de embreagem da direção.

Há duas maneiras pelas quais as regras podem ser deduzidas em um sistema baseado em representação de conhecimento por regras: um é chamado encadeamento para frente (ou dirigido para o dado) e outro é chamado encadeamento para trás (ou dirigido para o objetivo).

O primeiro é um método de inferência (de dedução) que começa com o conhecimento inicial (dados, fatos) e aplica as regras para gerar um novo conhecimento, até que se tenha chegado a uma solução para o problema ou nenhuma inferência adicional possa ser feita. Neste método, aplicar uma regra significa comparar os fatos conhecidos com as condições especificadas em sua parte (se); se as condições são verificadas verdadeiras, então pode ter sido gerado um fato novo constante da conclusão (então).

O segundo método de inferência, encadeamento para trás, começa com o objetivo que se quer provar e que é recursivamente particionado em sub-objetivos mais simples, até que uma solução é encontrada ou todos os objetivos foram particionados em suas componentes mais simples. Neste método a aplicação de uma regra consiste em comparar sua conclusão, que contém o que se quer **provar**, com os fatos conhecidos; se o fato não é conhecido, repete-se o procedimento com outras regras que contenham conclusão (parte então) e as condições (parte se) da regra anterior, cuja conclusão ainda não foi verificada.

Podemos também buscar tanto simultaneamente para frente a partir do estado inicial quanto para trás a partir do objetivo até que dois percursos se encontrem em algum lugar no meio do caminho. Esta estratégia é chamada de busca bidirecional. Ela parece interessante se o número de nós em cada passo cresce exponencialmente em relação ao número de passos que já foram dados (Rich, Knigh, 1994).

Embora, em princípio, o mesmo conjunto de regras possa ser usado tanto para o raciocínio para frente quanto para o raciocínio para trás, na prática ficou provado que é útil definir duas classes de regras, cada uma delas codificando um determinado tipo de conhecimento.

- * Regras para frente, que codificam conhecimentos sobre como responder a certas configurações de entrada.

- * Regras para trás, que codificam conhecimentos sobre como atingir determinados objetivos.

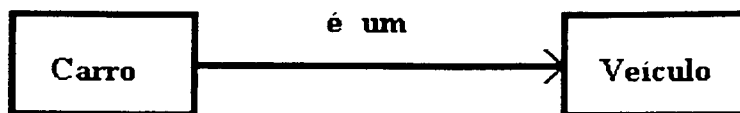
Quando separamos as regras nessas duas classes, essencialmente acrescentamos a cada regra informações adicionais que dizem como a regra deve ser usada na solução do problema.

Vimos, com os exemplos, que a estrutura das regras de produção é muito parecida com o modo das pessoas falarem sobre como resolvem seus problemas. Talvez seja esse o motivo da utilização, em grande escala, da representação de conhecimento por Regras de Produção nos Sistemas Especialistas para microcomputadores.

4.2.3 - Redes semânticas

A representação de conhecimento, através de redes semânticas, é uma tentativa de simular o modelo psicológico de memória associativa humana. Elas modelam o conhecimento como um conjunto de pontos chamados nós ou nodos, conectados por ligações chamadas arcos que descrevem as relações entre os nós. Por exemplo, para representar "Todo carro é um veículo" temos:

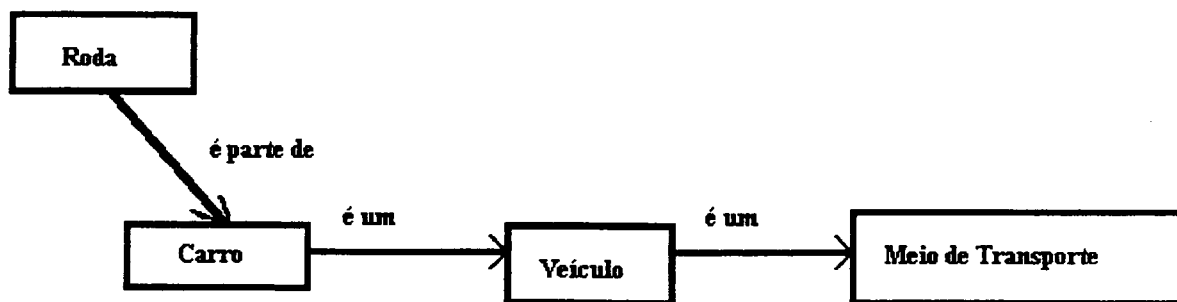
Figura 3: Exemplo de relações entre os nós



Fonte : Passos (1989, p. 48)

E para representar "Todo carro tem rodas e um veículo é um meio de transporte" temos:

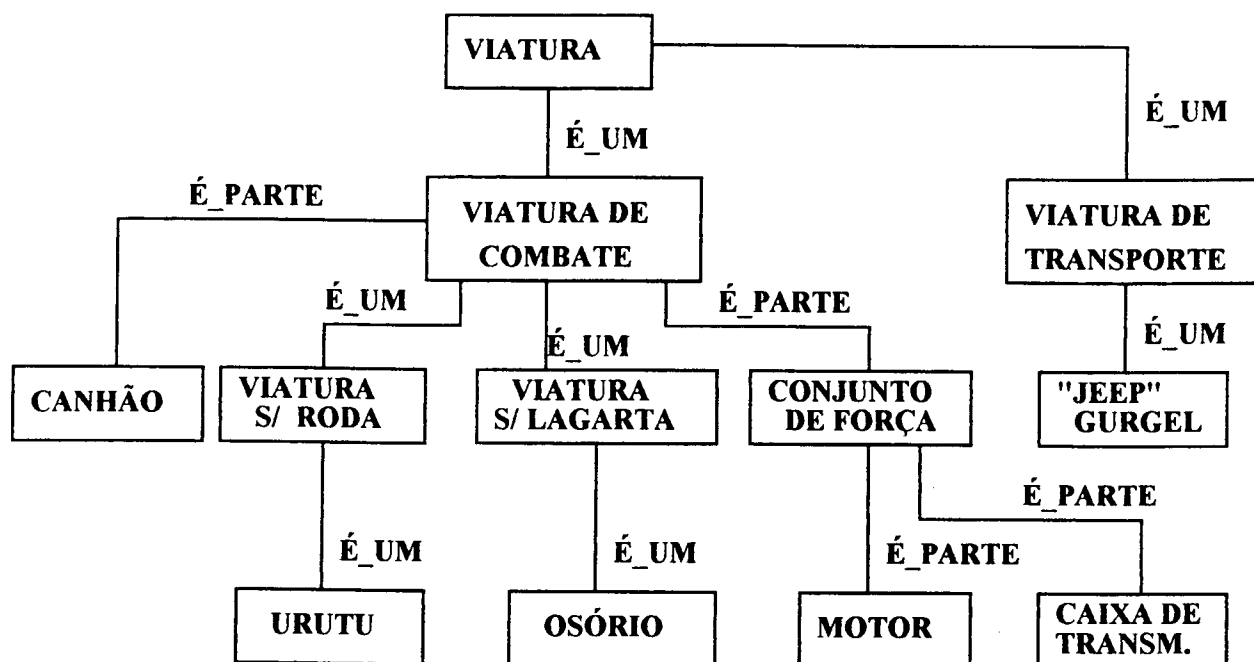
Figura 4: Redes semânticas



Fonte : Passos (1989, p. 48)

Os nós representam objetos, conceitos ou eventos. Os arcos em geral dependem da espécie de conhecimento que está sendo representado; por exemplo, é-um e é-parte são arcos para representar hierarquias entre objetos. A Figura 5 apresenta uma rede semântica para o conceito **viatura**.

Figura 5 : Parcela de uma rede semântica para o conceito viatura



Fonte : Passos (1989, p. 45).

Uma característica-chave da representação por rede semântica é que importantes associações podem ser feitas explicitamente e sucintamente. Fatos importantes sobre um objeto ou conceito podem ser deduzidos dos nós aos quais eles estão ligados diretamente, sem uma pesquisa no contexto.

A interpretação semântica das estruturas da rede depende somente do programa que as manipulam . Não existe nenhuma convenção sobre seus significados. Inferências tiradas pela manipulação da rede só são seguramente válidas, na representação baseada em lógica.

Rede semântica é uma forma de representação de conhecimento muito usada nas pesquisas de IA relacionadas com processamento de Linguagem Natural (ex. entendimento da Língua Portuguesa falada e escrita).

Numa representação de conhecimento por redes semânticas sabemos que os nodos representam objetos ou conceitos e uma ligação entre dois nodos significa um relacionamento específico entre os objetos (ou conceitos) correspondentes. Também sabemos que a escolha dessa ou daquela representação de conhecimento tem por objetivo selecionar a que melhor permita recuperar (ou inferir) conhecimentos. No caso de rede semântica, recuperar um conhecimento pode envolver pesquisas na rede inteira. Se o fato que queremos recuperar não está armazenado explicitamente, teremos que deduzi-lo dos fatos que lá estão. Programas que fazem essa recuperação sempre gastam muito de seu tempo repetindo umas poucas operações básicas, lógica dos conjuntos, classificação, combinação de padrões contra um conjunto de asserções e deduções de fatos dessas redes semânticas. Uma melhora acentuada da velocidade pode ser obtida pela execução dessas operações simultaneamente em todos os nodos da rede, dando cada nodo a um processador e a interconexão entre eles será flexível bastante para representar os relacionamentos entre os conceitos correspondentes. Máquinas paralelas seriam ideais para esse fim (Passos, 1989, p. 44).

4.2.4 - Quadros e roteiros (Frames e Scripts)

Acredita-se que os seres humanos usem conhecimentos adquiridos em experiências prévias ao interpretar situações novas; certos objetos e seqüências (Ex. quando vou a um campo de futebol que nunca fui antes, já conheço os "quadros" do que vou presenciar - lugares para assistir ao jogo, balizas, etc. - e já conheço o "roteiro" de uma partida de futebol - devem entrar em campo os jogadores, os árbitros, os repórteres que fazem entrevistas e depois começa o jogo - expectativas que são construídas em sua mente. Em IA, esse tipo de conhecimento tem sido representado através de quadros e roteiros.

A atividade cognitiva do ser humano, que usa experiências anteriores para interpretar uma nova situação, seleciona da memória uma estrutura, chamada quadro, que será adaptada à nova situação, pela mudança de detalhes, quando necessário. Trata-se da terceira maneira de representar conhecimento que passamos a explicar.

Um quadro é uma estrutura de dados para representar um conceito ou uma situação estereotipada, como entrar em uma sala de estar ou ir a uma festa de aniversário de uma criança. Junto a cada quadro existem vários tipos de informações. Algumas destas informações são sobre como usar o quadro, outras sobre o que se pode esperar que aconteça a seguir e ainda sobre o que fazer se estas expectativas não forem confirmadas. O mecanismo representacional que possibilita o tipo de raciocínio baseado em expectativas é o campo, o local onde o conhecimento ajusta-se ao contexto criado pelo quadro. Por exemplo, um simples quadro para o conceito genérico de um estádio de futebol deve ter campos para o proprietário, para a capacidade de público e para outras características, conforme o esquema a seguir (Passos, 1989, p. 48):

EXEMPLO 1

Quadro Estádio de Futebol

Nome: um conjunto de caracteres (“string”).

Proprietário: PARTICULAR, ESTADO.

Capacidade de Público : um inteiro

Dimensões_do_Campo: OFICIAL, REDUZIDA.

Iluminação_Artificial: BOA, REGULAR, INADEQUADA.

Sequência_de_eventos: Roteiro Assistir_ao_Jogo

Um quadro para um determinado estádio de futebol tem os mesmos campos (eles são herdados do quadro genérico) mas seus conteúdos são especificados. Por exemplo, o quadro para o estádio do Maracanã seria:

QUADRO Estádio_de_Futebol

Nome: MARACANÃ (Mário Filho)

Proprietário: ESTADO DO RIO DE JANEIRO

Capacidade_de_Público: 200.000

Dimensões_do_campo: OFICIAL

Iluminação_Artificial: BOA

Sequência_de_Eventos: ROTEIRO Assistir_ao_Jogo

Como indicado no campo sequência_de_eventos, os conhecimentos sobre o que tipicamente acontece em um estádio de futebol podem ser representados em um roteiro como exemplificado a seguir:

Roteiro Assistir_ao_Jogo

Sequência_de_Eventos

Inicialmente : Roteiro comprar_ingresso

então : se (portões abertos ou portões fechados)

: então Roteiro Acesso às Dependências

então : Roteiro Procurar Local de Visão

então : Roteiro Assistir Disputa em Campo

então : Roteiro Deixar Estádio de Futebol

A representação de conhecimento feita por quadros e roteiros é apropriada na interpretação de uma sequência específica observada e é útil para prever a ocorrência de certos acontecimentos que não foram mencionados. Além disso serve para indicar como os acontecimentos mencionados se relacionam entre si.

Uma característica deste tipo de representação de conhecimento é que cada campo pode ter qualquer número de procedimentos associados a ele. Os mais usuais são:

- Procedimentos SE-ACR (ou se-acrescentando ou *if added*). Este procedimento executa alguma ação quando uma informação nova é acrescentada ao campo.
- Procedimento SE-REM (ou se-removido). Este procedimento executa alguma ação quando informação é removida do campo.
- Procedimento SE-NEC (ou se-necessário). Este procedimento executa alguma tarefa com a finalidade de buscar informação quando informação é necessária no campo, mas o campo está vazio.

Quadros podem ser organizados como uma rede semântica, isto é, uma rede de nós e relações organizados em hierarquia, onde nós superiores (nós pais) representam conceitos gerais e os inferiores exemplos mais específicos desses conceitos. Em um sistema de representação de conhecimento usando quadros o conceito de cada nó é definido pela coleção de atributos (nomes, cores) e pelos valores desses atributos (Selva, verde), onde os atributos são chamados campos (slots). Cada campo pode ter procedimentos associados que são executados segundo os procedimentos acima.

Esses procedimentos associados podem "monitorar" a atribuição de informação ao nó, assegurando que a ação apropriada é realizada quando os valores mudam.

Os sistemas de quadros são úteis para domínio de problemas onde a forma e o conteúdo do dado desempenham um papel importante na solução do problema, tais como interpretação visual de cenas ou entendimento de fala.

4.2.5 - Alógrafos

Nos últimos anos a área da Inteligência Artificial tem desenvolvido modelos muito significativos para representar o conhecimento e muitas iniciativas se tem feito, no sentido de buscar modelos para a memória humana. Considera-se de grande valor nestes esforços os Alógrafos, cujos conceitos e princípios básicos são apresentados a seguir.

4.2.5.1 - Bolha (Borbulha)

A maioria das descrições, sejam definições, proposições o inferências, têm como centro semântico uma ação ou predicado, o qual geralmente se representa por um fonema verbal. O estudo realizado no espanhol por Gutierrez (1978), determinou que o verbo aparece em forma expressa em 94% das frases mais comuns e portanto é elíptico somente em 6% dos casos (Puleo, 1992, p. 302).

Todo predicado se realiza ou está realizado por um sujeito, o qual geralmente se representa por seu Sentagma Nominal.

A realização ou execução do predicado recai sobre um objeto, o qual geralmente também se representa por um Sentagma Nominal.

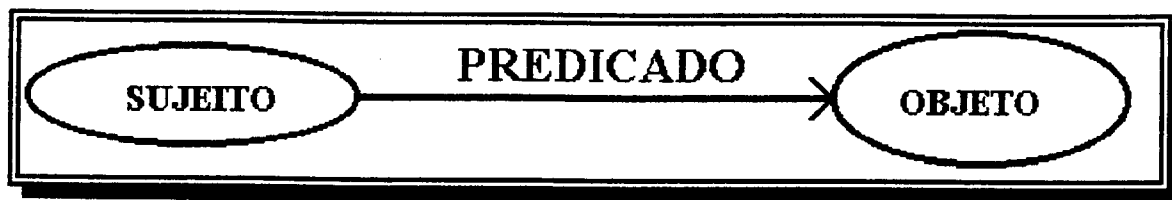
Podemos então representar uma descrição com uma estrutura primitiva ou canônica a seguinte forma:

SUJEITO = PREDICADO (OBJETO)

A esta estrutura é dado o nome de bolha de conhecimento por representar em sua forma mais elementar uma informação (Puleo, 1992, p. 303).

Para representar graficamente um conhecimento podemos utilizar o que se conhece com o nome de Mapas semânticos, os quais são utilizados atualmente de muitas e diferentes maneiras. Uma das mais destacadas é como facilitador da aquisição e compreensão de conceitos fundamentais em leitura e aprendizagem de materiais de instrução.

O mapa semântico de uma bolha requer dois nodos, um para o Sujeito e o outro para o Objeto e uma união ou relação para o predicado. Sua representação gráfica é a seguinte:



Onde o sentido da flecha indica a dependência do Objeto com o sujeito mediante o Predicado.

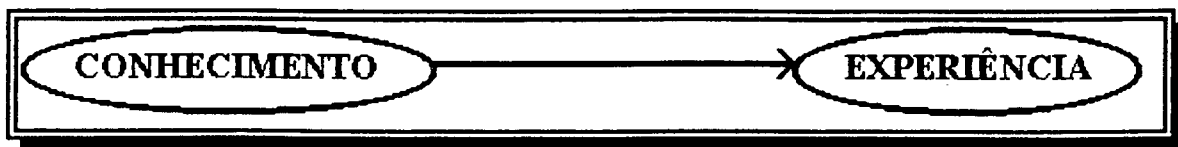
Em geral, entre as entidades Sujeito (S) e Objeto(O) se podem encontrar os seguintes Predicados primitivos ou canônicos:

a - CONCEPTUAL

S tem uma relação de dependência não específica com O.

$$S = * (O)$$

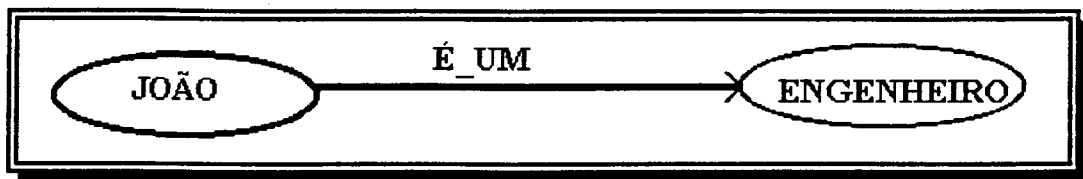
Conhecimento = * (Experiência)

**b - RELACIONAL**

S se relaciona com O mediante uma definição linguística D.

$$S = D(O)$$

João = É_um (Engenheiro)



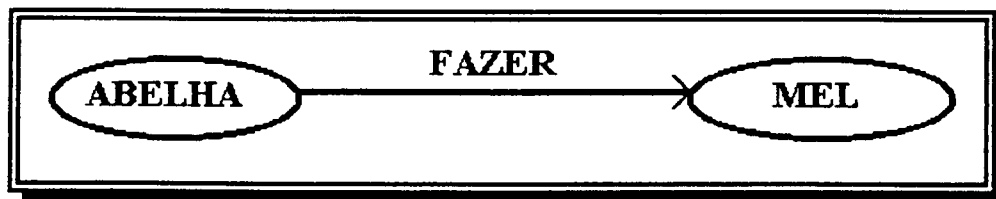
Os formatos das definições linguísticas são relativamente poucas. Estas estruturas típicas foram analisadas em detalhe por Casagrande e Hale (1967) e delas hemos selecionado as que se especificam no anexo A.

c - VERBAL

S se relaciona com O mediante um Sentagma Verbal V.

$S = V(O)$

Abelha = Fazer(Mel)

**d - NOMINAL**

S se relaciona com O mediante um Sentagma Nominal N.

$S = N(O)$

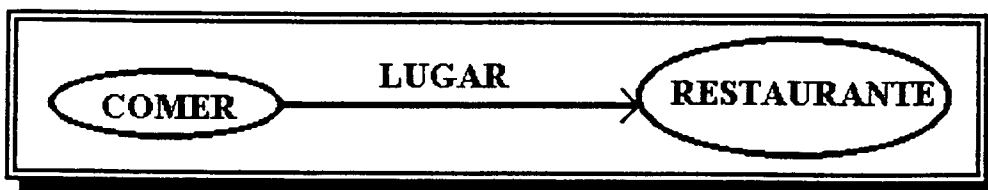
Ana = Mãe_de(Maria)

**e - MODAL**

O predicado é um conceito que indica se o objeto é um Agente, é um Modo, é uma Quantidade, é um Tempo, é um Lugar, etc.

$S = M(O)$

Comer = Lugar (Restaurante), Tempo(ontem), Tipo(Desjejum)

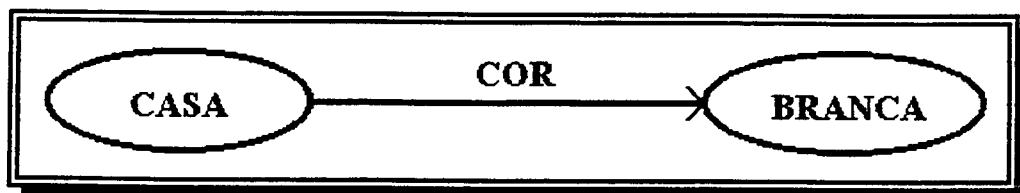


f - QUALIFICATIVO

O Predicado é um Atributo do Sujeito e o Objeto é um Dato.

S = A (O)

Casa = Cor(Branco)



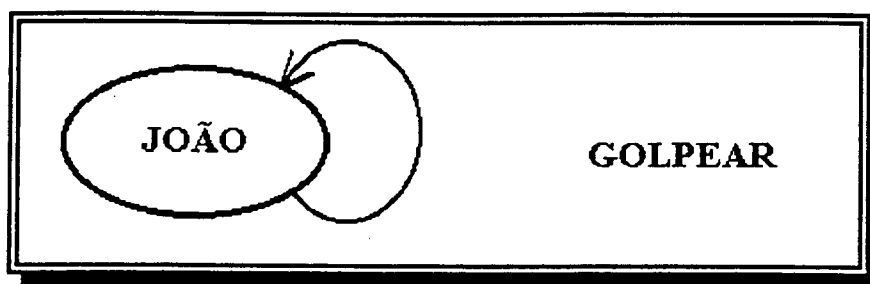
g - REFLEXIVO

O Sujeito e o Objeto são os mesmos.

S = P(S)

João = Golpear(João)

(João se golpeia)



h - CONTINGENTE

O predicado estabelece uma relação lógica ou casual entre duas bolhas. Este predicado geralmente se representa pelos Sentagmas seguintes:

Portanto

Então

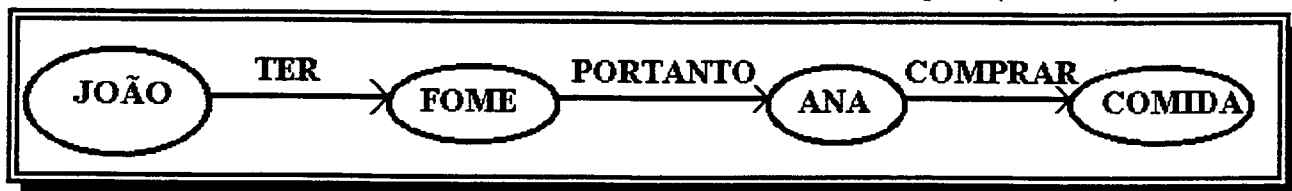
Logo

$S1 = P1(O1)$ portanto $S2=P2(O2)$

João = Ter (Fome)

Portanto

Ana = Comprar (Comida)



4.2.5.2 - Alógrafo

As proposições correspondem essencialmente a uma conceitualização completa de um fato, de um evento ou de uma inferência, isto é, uma assertiva ou afirmação de uma realidade, para a

qual se requer conhecer os Atributos do Sujeito, os Atributos do Objeto e o contexto onde se realiza o Predicado.

Estes atributos também se podem representar mediante bolhas e portanto poderíamos definir um alógrafo como a representação linear de um conjunto de Bolhas que correspondem a uma determinada proposição que, em geral, tem a seguinte estrutura:

Sujeito = Atributos_do_Sujeito, Predicado(Objeto = Atributos_do_Objeto, Contexto)

Por exemplo, se se tem a proposição

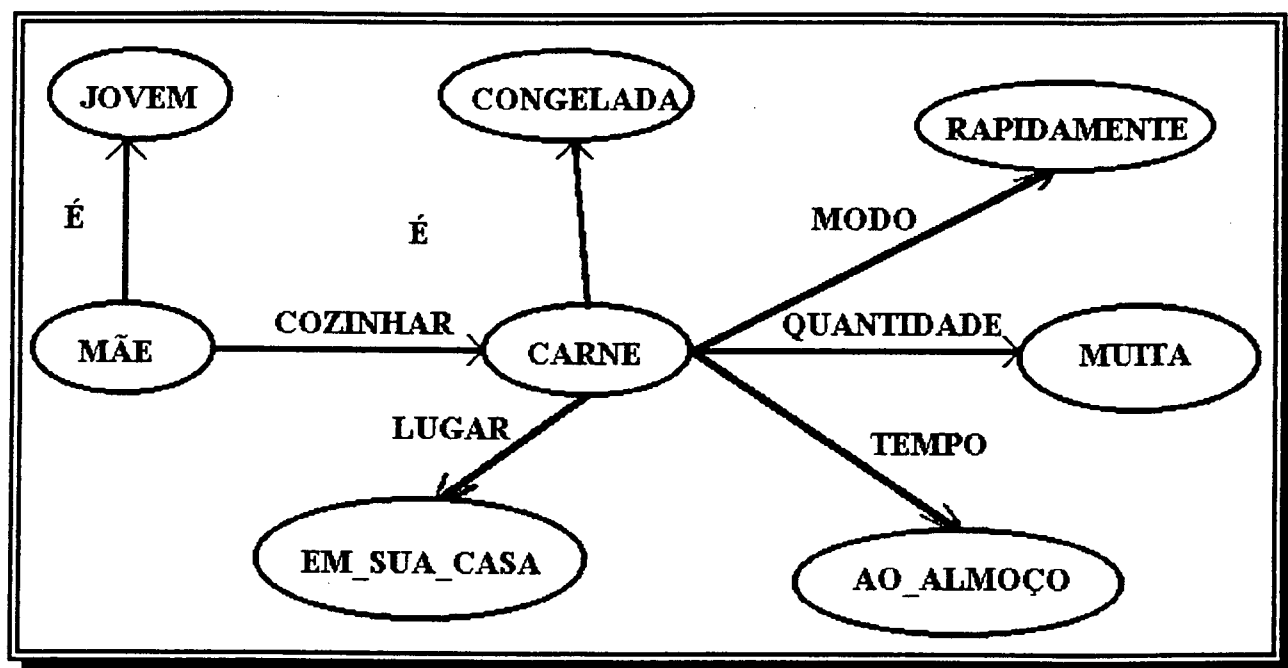
A mãe jovem cozinha rapidamente muita carne congelada no almoço em sua casa

Seu correspondente Alógrafo seria o seguinte:

Mãe = É(Jovem), Cozinhar(Carne = É(Congelada), Modo(Rapidamente),

Quantidade(Muita), Tempo(Ao_almoço), Lugar(Em_sua_casa))

Seu correspondente Mapa semântico é:



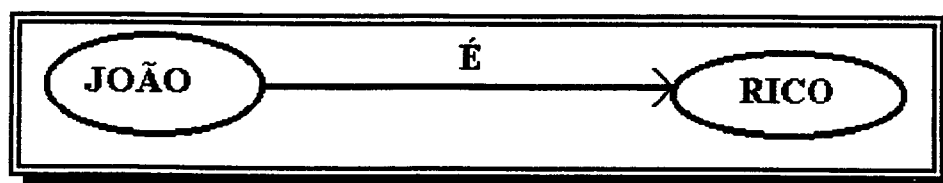
Para uma proposição em particular se pode determinar um conjunto de Alógrafos canônicos, os quais são:

a - PROPOSIÇÃO ELEMENTAR

O Alógrafo corresponde a uma bolha.

$$S = P(O)$$

$$\text{João} = \text{É}(\text{Rico})$$

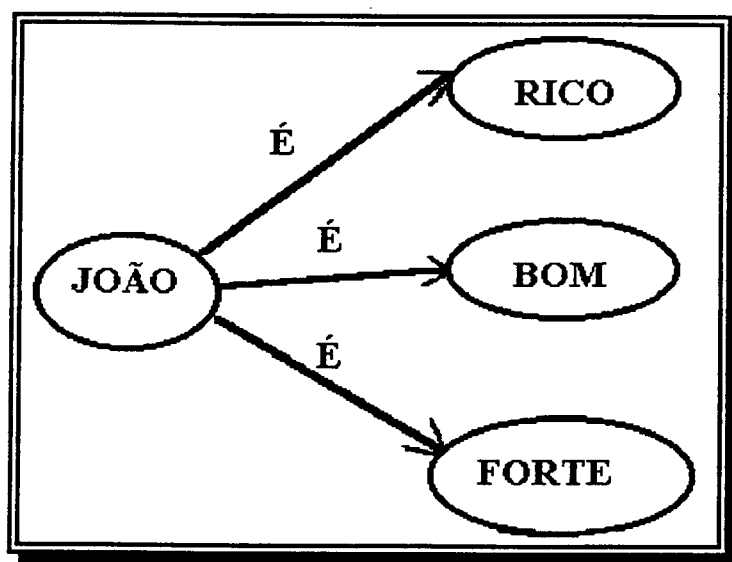


b - PROPOSIÇÃO COMPOSTA NO OBJETO

A proposição tem vários objetos em um predicado.

$$S = P(01, 02, 03,)$$

$$\text{João} = \acute{\text{E}} (\text{Rico}, \text{Bom}, \text{Forte})$$

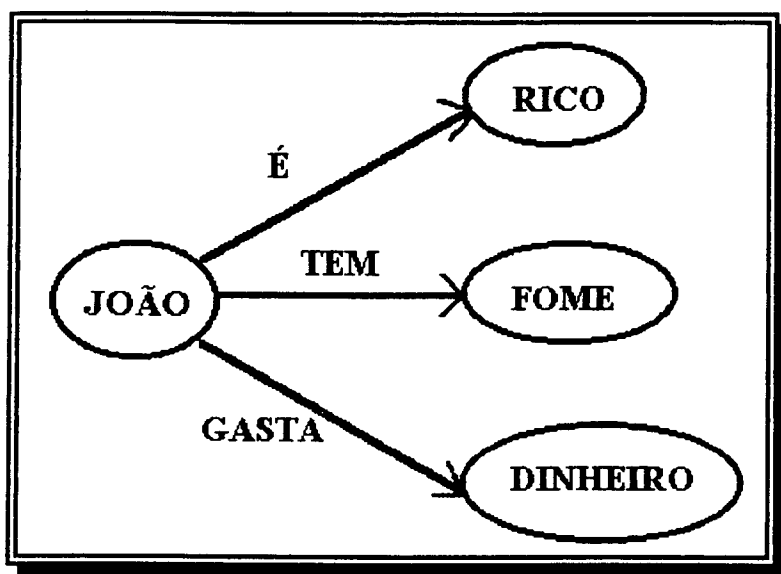


c - PROPOSIÇÃO COMPOSTA COM O PREDICADO

A proposição tem vários Predicados com seus respectivos Objetos.

$$S = P1(01), P2(02), P3(03),$$

$$\text{João} = \acute{\text{E}}(\text{Rico}), \text{Tem}(\text{Fome}), \text{Gasta}(\text{Dinheiro})$$

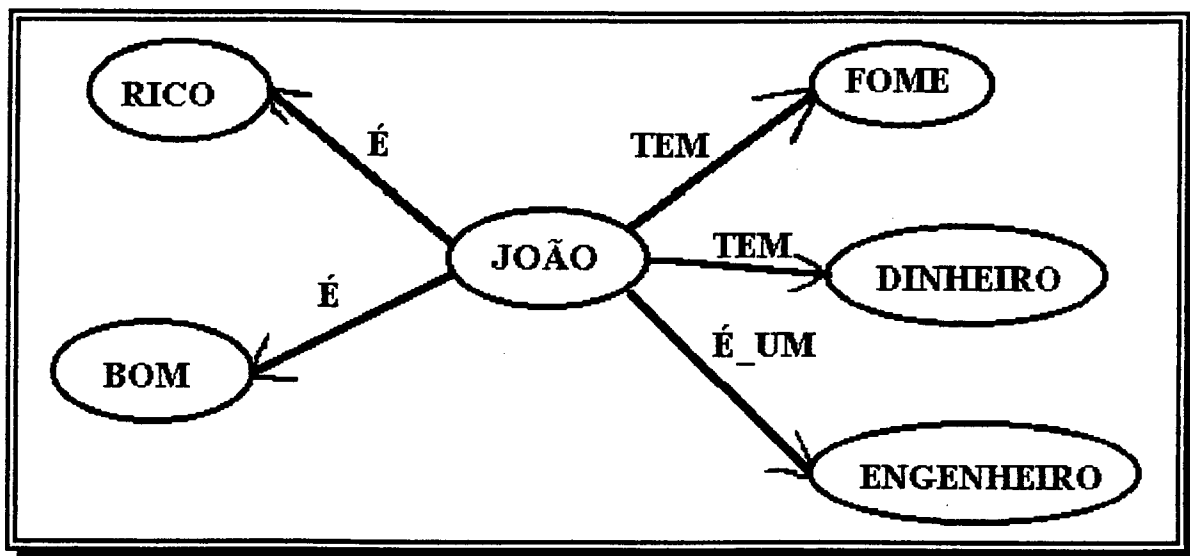


d - PROPOSIÇÃO GERAL

A proposição geral tem vários Predicados e cada Predicado tem vários Objetos

$S = P1(011, 012, \dots), P2(021, 022, \dots), P3(031, 032, \dots), \dots$

João = $\acute{E}(\text{Rico}, \text{Bom}), \text{Tem}(\text{Fome}, \text{Dinheiro}), \acute{E_um}(\text{Engenheiro})$



4.2.5.3 - Diagramas morfosintáticos dos alógrafos

A maior crítica aos modelos cognitivos tem sido sua falta de normalização, e com o fim de evitar este fato e facilitar em todo o possível a utilização dos Alógrafos, se tem estabelecido umas relações morfosintáticas simples que abarcam a maioria dos casos que se apresentam na realidade.

Ditos diagramas se dão no anexo B, os que foram aplicados por Puleo (1992, p. 307), aos seguintes exemplos, nos que consegue destacar suas características recursivas.

a - JOÃO TEM UM CARRO

João = (Ter(Carro))

b - JOÃO TEM UM CARRO NEGRO GRANDE, FOME E DINHEIRO, É RICO E É UM ENGENHEIRO DE SISTEMAS

João = (Ter(Carro = É (Negro, Grande)), Fome, Dinheiro)), É (Rico),

É_um (Engenheiro = É_de(sistemas))

c - JOÃO TEM UM CARRO GRANDE E PORTANTO COMPRA GASOLINA, PNEUS E REPOSTOS E GASTA DINHEIRO

João = (Ter(Carro = É (Grande)): (João = (Comprar(Gasolina,Pneus,Repostos)),

Gastar (Dinheiro)).

d - JOÃO TEM UM CARRO NEGRO GRANDE PORTANTO COMPRA GASOLINA, PNEUS E REPOSTOS E GASTA DINHEIRO. ADEMAIS TEM FOME E DINHEIRO, É RICO E É UM ENGENHEIRO DE SISTEMAS

JOÃO = (Ter(Carro = (É (Negro, Grande)): (João = Comprar (Gasolina, Pneus, Repostos)), Gastar(Dinheiro)), Ter(Fome, Dinheiro)), É(Rico)), É_um (Engenheiro = É_de(Sistemas))

4.2.5.4 - Representação do conhecimento mediante alógrafos

O conhecimento dado pelas proposições anteriores é representado mediante seus correspondentes Alógrafos os quais permitem com facilidade outro tipo de representações tais como:

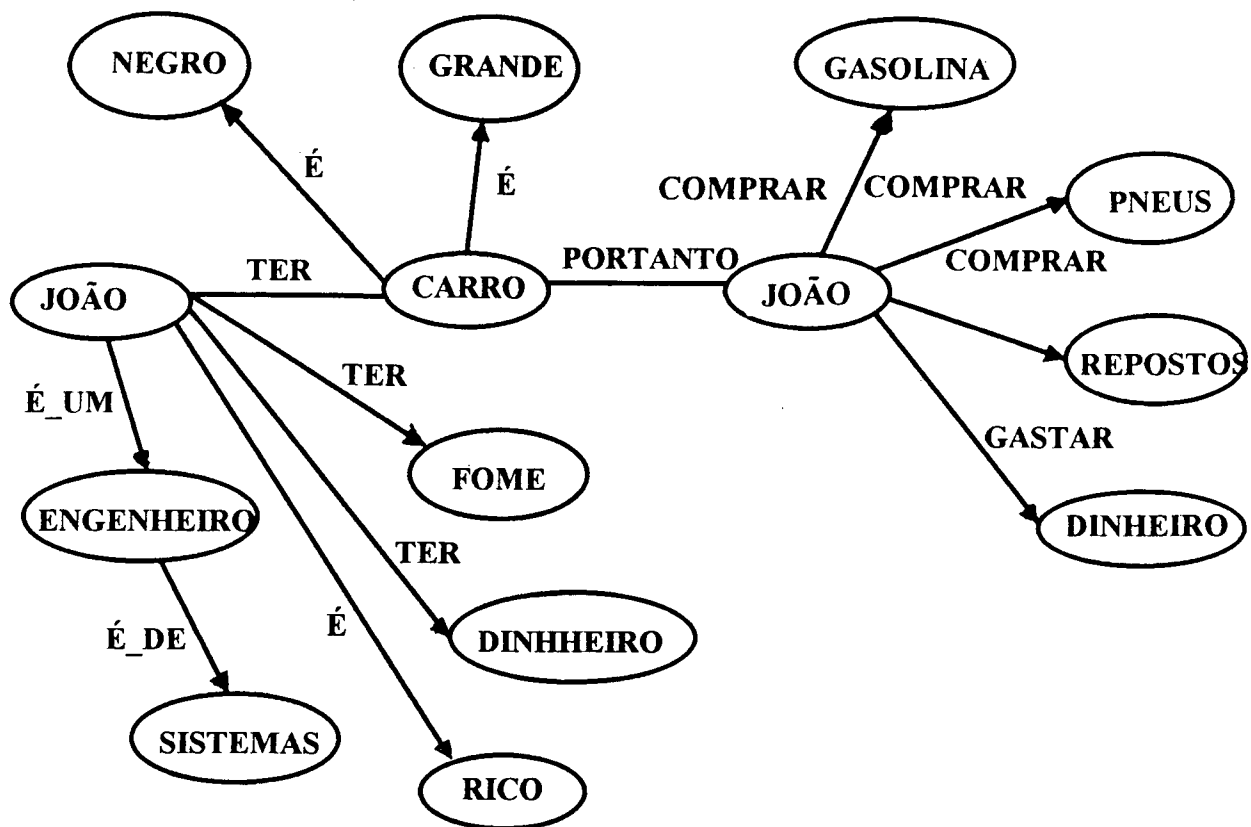
a - Mapas semânticos

b - Diagramas Associativos

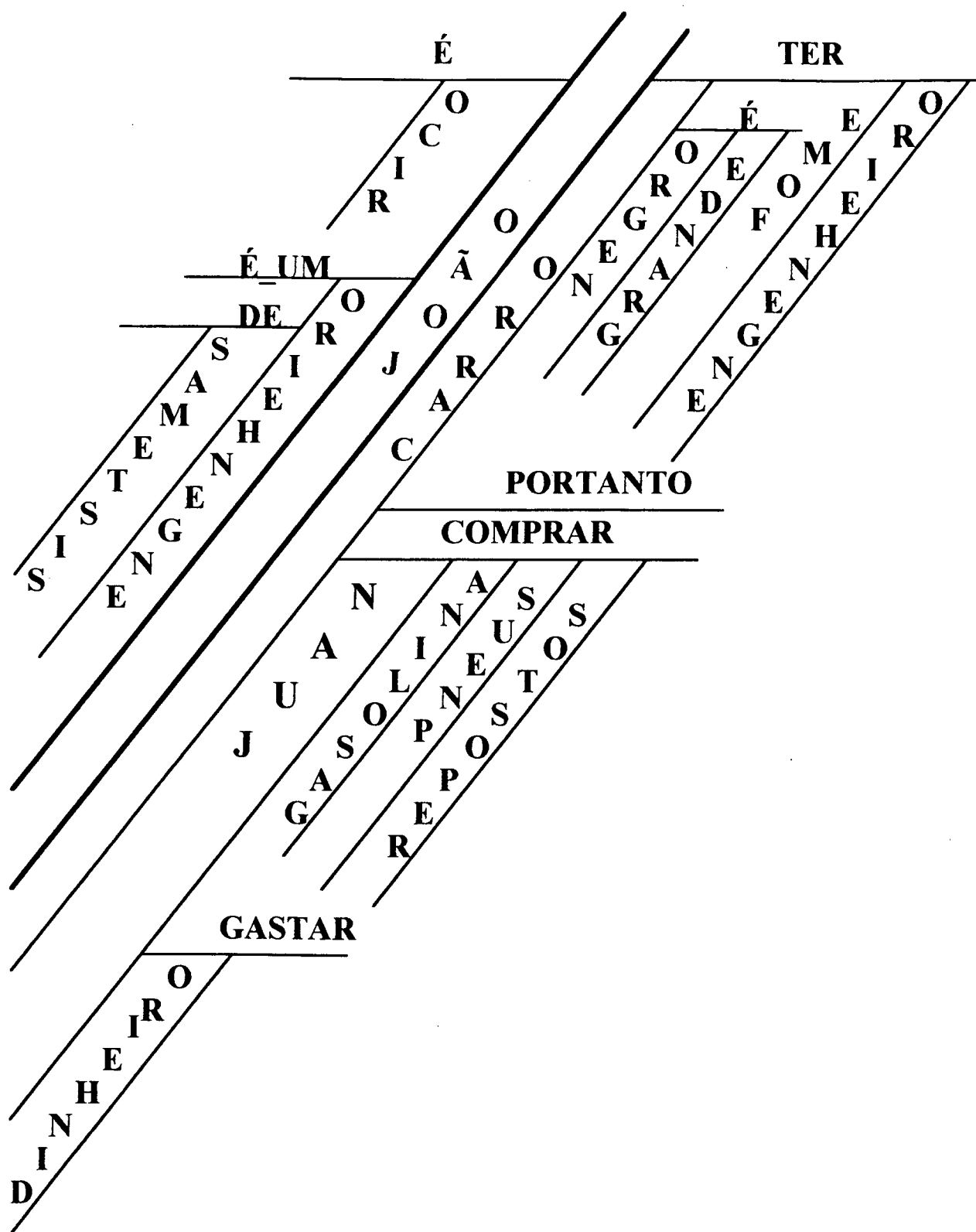
c - Estruturas Hierárquicas

d - Estruturas Associativas

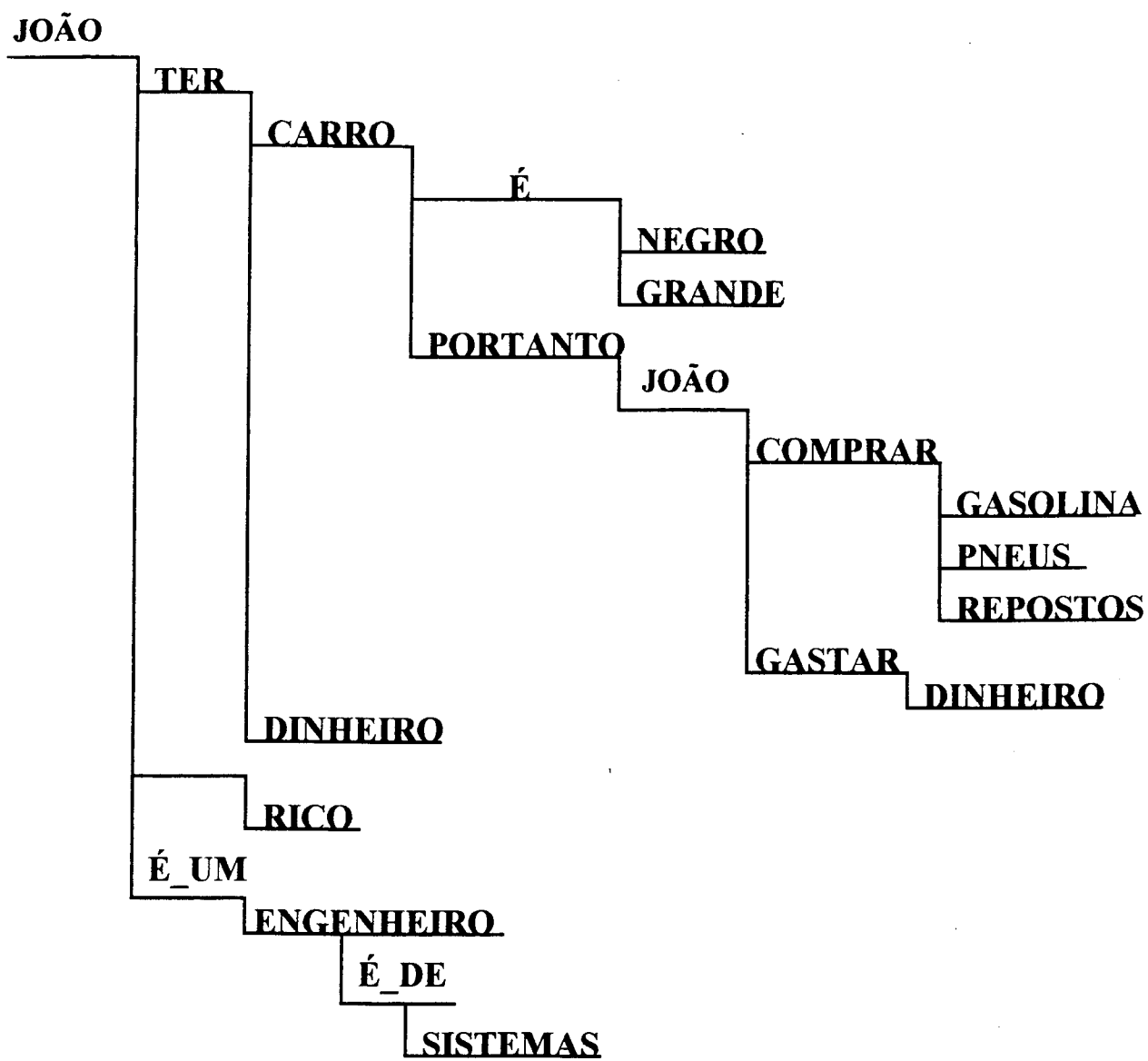
a - MAPAS SEMÂNTICOS



b - DIAGRAMAS ASSOCIATIVOS



c - ESTRUTURA HIERÁRQUICA



d - ESTRUTURA ASSOCIATIVA

SUJEITO	PREDICADO	OBJETOS		
João	Ter	Carro	Fome	Dinheiro
	É	Rico		
	É_um	Engenheiro		
Carro	É	Negro	Grande	
	Portanto	João		
João	Comprar	Gasolina	Pneus	Repostos
	Gastar	Dinheiro		
Engenheiro	É de	Sistemas		

4.3 - Representação de conhecimento apropriada para aplicações em EIAC

As formas mais usuais de representar o conhecimento nos sistemas especialistas não correspondem a forma pela qual o humano utiliza o conhecimento.

Uma forma de representação de conhecimento similar utilizada pelo homem para manipular o conhecimento é importante nas aplicações da computação à docência pois facilitaria a realização de explicações, a planificação das ações e a simulação de algum processo que ocorrem no domínio do conhecimento representado (Garcia, 1992, p. 104).

Os conhecimentos necessários para levar adiante o processo de ensino aprendizagem envolvem alguns dos conhecimentos seguintes:

- Conhecimentos acerca da matéria objeto de estudo: Habilidades e conhecimentos que devem ser assimilados pelo estudante.
- Conhecimentos pedagógicos e psicológicos: critérios acerca do que dizer ao estudante, quando e como.
- Conhecimentos lógicos: habilidades para generalizar, deduzir, etc.
- Conhecimentos acerca das características do estudante: é o conhecimento que tem o professor acerca do estudante que protagoniza o processo de ensino aprendizagem, para poder dizer como transcorrerá este.

Um modelo do conhecimento objeto de estudo deve refletir o ordenamento deste conhecimento na matéria dada. Só é possível lograr que o estudante assimile de forma criativa os novos conhecimentos se estes aparecem bem estruturados.

Se se pretende modelar o conhecimento de várias matérias, o modelo em questão deve refletir questões comuns à estrutura do conhecimento nelas evidenciada.

Um caminho adequado para lograr estes propósitos é remeter-se à filosofia, já que esta ciência assenta as bases metodológicas para as restantes ciências particulares.

Um marco propício de análise é a teoria do conhecimento desenvolvida por Lenin citado por Garcia (1992, p.108). Esta teoria defende uma compreensão do mundo como: “um conjunto de objetos relacionados entre si.”

OS OBJETOS

Os objetos são uma parte da realidade objetiva. Tal realidade é indivisível, só existe como elementos isolados na mente do homem. O homem raciocina a realidade como objetos isolados de acordo com seus objetivos e conveniência.

Uma definição apropriada para a Análise Orientada a Objetos, é a proposta por Coad e Yourdon (1992, p. 50) que diz : "Uma abstração de alguma coisa em um domínio de problemas, exprimindo as capacidades de um sistema de manter informações sobre ela, interagir com ela, ou ambos; um encapsulamento de valores de Atributos e de seus Serviços exclusivos.". Booch (1991, p. 77) complementarmente afirma que "um Objeto possui um estado, um comportamento e uma identidade; a estrutura e o comportamento de objetos semelhantes são definidas em sua classe comum; os termos instância e Objeto são permutáveis".

AS RELAÇÕES

As relações se referem à influência e correspondência que existe entre os objetos. As relações são internas se se estabelecem entre os componentes de um objeto e são externas se se estabelecem entre objetos. Estes conceitos de relações internas e externas são relativos. Os componentes de um objeto são objetos também, produto do critério utilizado para classificar uma parte da realidade objetiva como objeto. Portanto as relações internas são externas aos componentes do objeto.

Da mesma maneira vários objetos podem ser agrupados juntos por determinadas questões, como quando se aplicam os conceitos de conjunto e sistema. Em tais casos o que eram relações externas aos objetos são agora relações internas do conjunto ou do sistema, que podem ser

vistos também como objetos. Desta maneira o que nos rodeia pode ser representado mediante a codificação das características fundamentais dos objetos e suas relações.

Os objetos e suas relações são raciocinados na mente do homem através de conceitos. Tais conceitos definem classes de objetos que satisfazem as características e relações expressas no conceito. Para Coad e Yourdon (1992, p. 50), uma classe é definida como: “uma descrição de um ou mais Objetos por meio de um conjunto uniforme de atributos e serviços, incluindo uma descrição de como criar novos Objetos na Classe” e Booch (1991, p. 93) a define como “Classe é um conjunto de Objetos que compartilham uma estrutura e um comportamento comum”.

HERANÇA

O homem tem concebido conceitos mais generalizadores que outros. Por esta razão existem conceitos que são subclasses doutros. Nesta hierarquia de classes e subclasses existem subclasses que "herdam" as características da classe ou classes as quais pertencem. para Ceballos (1991, p. 308) a herança seria definida como: “o mecanismo para compartilhar automaticamente métodos e dados entre classes, subclasses e objetos”. Para Booch (1991, p. 54) é : “um ordenamento ou arranjo de abstrações”.

CARACTERÍSTICAS DOS OBJETOS

As características dos objetos que deve incluir o conceito são aquelas que permitam: Identificar o objeto, operar com o objeto e fazer juízos sobre ele (Garcia, 1992, p. 109).

As características que permitem as questões anteriores são: a estrutura do objeto, as que deve cumprir cada um dos elementos componentes do objeto e os atributos associados ao objeto.

RELAÇÕES ENTRE OS OBJETOS

As relações de correspondência podem estar referidas à situação espacial entre os objetos e à proporção entre as características dos objetos, fundamentalmente. Tais relações podem expressar-se através de condições.

As relações de influência são aquelas que determinam a forma pela qual um objeto cria ou modifica a outro, isto é, dizer estas são ações que realizam uns objetos sobre outros.

Segundo Garcia (1992, p. 110), em tais ações o objeto que realiza a ação é o sujeito. O objetivo ou objeto da ação será o efeito desta no objeto que recebe a ação e um conjunto de operações ou passos para sua realização. As operações tem a mesma forma que as ações, até chegar a uma ação que não seja possível de ser decomposta.

Como veremos a seguir, o resto dos tipos de conhecimentos também podem ser expressos através de objetos e relações.

CONHECIMENTOS PEDAGÓGICOS E PSICOLÓGICOS

O objetivo do processo de ensino é conduzir o conhecimento do estudante de um estado a outro qualitativamente superior. Portanto não é mais que a modificação de um objeto, neste caso o estudante, especificamente seus conhecimentos.

Para isto se realizam ações sobre o estudante, se observam suas manifestações e se decidem as próximas ações a realizar.

O sujeito da ação é o professor (ou o computador), o objeto da ação é o estudante e as condições e operações que realiza o professor lhe permitem decidir que fazer e como, para levar o estudante ao estado desejado.

CONHECIMENTOS ACERCA DAS CARACTERÍSTICAS DO ESTUDANTE

Esta é a representação que tem o elemento dirigente do processo de estudo acerca do estudante: sua estrutura, condições e características. No processo de estudo faz-se variar as características do objeto estudante de um estado a outro. A partir destas características utilizando seus conhecimentos pedagógicos e psicológicos o professor tomará decisões.

CONHECIMENTOS LÓGICOS

Os conhecimentos lógicos se referem as habilidades para deduzir, generalizar, etc. São utilizados para criar ou modificar os próprios conhecimentos, e referem-se à manipulação da representação dos objetos e relações. O sujeito desta ação é o homem e o objeto da ação seus próprios conhecimentos.

DESENHO DO COMPUTADOR VIRTUAL

Um computador virtual apropriado ao modelo anterior tem que permitir representar objetos e relações, assim como manipulá-los, permitindo que se modele através dele todos os tipos de conhecimentos aos quais fizemos referência previamente.

Suas funções serão fundamentalmente: Identificar objetos a partir de suas características e relações, executar ações.

Ao decidir incluir novas ações como parte do computador virtual deve ter-se especial cuidado com o aproveitamento da velocidade de processamento do equipamento e a capacidade de memória.

POSSIBILIDADES DA REPRESENTAÇÃO DE OBJETOS E RELAÇÕES

A vantagem fundamental que oferece esta representação é que estrutura o conhecimento sob a forma usualmente empregada pelas pessoas. Ao definir as classes, se pode orientar o estudante nos métodos de trabalho como forma de base orientadora da ação, a qual tem uma forma similar as ações aqui descritas. Tal maneira de enfocar o processo de ensino é defendido pela teoria da formação por etapas das ações mentais. Quando se dão explicações ao estudante, estas se elaboram sobre a base das características dos objetos e a forma pela qual estes são obtidos (ações), o que fica explicitamente representado através dos objetos e relações (Garcia, 1992, p. 111).

As relações de causa-efeito ficam reconhecidas através das relações entre os objetos. As relações externas expressam a influência que tem um objeto sobre outro. Questão que pode ser usada vantajosamente na realização de simulações.

As idéias expostas sobre representação de conhecimento podem ser resumidas no quadro

5.

QUADRO 5 : RESUMEN DE CARACTERÍSTICAS DE TIPOS DE REPRESENTAÇÕES DE CONHECIMENTO

REPRESENTAÇÕES	CARACTERÍSTICAS	LIMITAÇÕES	ALGUNS CAMPOS DE APLICAÇÃO
• Lógica dos predicados	<ul style="list-style-type: none"> • Facilidade de manipular e deduzir novos fatos a partir de fatos conhecidos 	<ul style="list-style-type: none"> • Independência do processamento em relação ao conhecimento utilizado 	<ul style="list-style-type: none"> • Sistemas de dedução natural • Linguagens de programação declarativos
• Regras de produção	<ul style="list-style-type: none"> • Parecida com o modo das pessoas falarem sobre como resolvem seus problemas 	<ul style="list-style-type: none"> • Sistemas especialistas baseados em regras não pode exigir um nível de conhecimento espacialista • Deficiência individual de auto controle necessário 	<ul style="list-style-type: none"> • Sistemas Especialistas • Engenharia do Conhecimento
• Redes semânticas	<ul style="list-style-type: none"> • São orientadas semanticamente. Simulam o modelo psicológico de memória associativa humana. • Importantes associações podem ser feitas explicitamente e suscintamente 	<ul style="list-style-type: none"> • As mesmas da lógica dos predicados 	<ul style="list-style-type: none"> • Processamento de linguagem natural
• Quadros e roteiros (Frames e Scripts)	<ul style="list-style-type: none"> • Estrutura de dados para representar um conceito ou uma situação estereotipada • Apropriada na interpretação de uma seqüência específica de acontecimentos • Permite indicar como os acontecimentos se relacionam entre si 	<ul style="list-style-type: none"> • Formalização e metodologia ainda em fase de consolidação 	<ul style="list-style-type: none"> • Interpretação visual • Entendimento de fala • Situações estereotipadas
• Alografos	<ul style="list-style-type: none"> • Possui relações morfosintáticas simples que abarcam a maioria dos casos que se apresentam na realidade • Permite normalizar outros tipos de representações 	<ul style="list-style-type: none"> • Formalização e metodologia ainda em fase de consolidação 	<ul style="list-style-type: none"> • Formalismo através do qual pode ser deduzido outras formas de representação
• Objetos	<ul style="list-style-type: none"> • Bastante aproximada da forma de raciocínio humano 	<ul style="list-style-type: none"> • Formalização e metodologia ainda em fase de consolidação 	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicações em docência • Aplicações em sistemas computacionais

Fonte: WAH, B. W.; GUO-JIE, LI. 1989.

5 - MATERIAIS EDUCATIVOS COMPUTADORIZADOS EM AMBIENTE MULTIMÍDIA

5.1 - O processo de ensino aprendizagem

O processo de ensino-aprendizagem, gira ao redor do que faz o estudante, com a ajuda do professor e o apoio dos meios e materiais de aprendizagem. De sua interação com o objeto do conhecimento e com as fontes de informação, o aluno procura fazer seu, aquilo que interessa que aprenda.

Cabe então se perguntar, que papel compete ao computador no suporte deste processo? Como se articula sua função com a de outros meios materiais? (Galvis, 1992, p. 246).

Para responder estas interrogações temos que, primeiramente, assinalar a especificidade dos meios à disposição de docentes e estudantes, que podemos como:

- **Aulas teóricas em sala.-** O professor faz uma exposição na aula sobre um tópico determinado, sem participação do aluno, resumindo-se a esclarecer algum conceito ante uma pergunta deste.

Nestas aulas, são comuns o uso de recursos como o quadro negro e os audiovisuais que, por sua parte, acrescentam a possibilidade de incluir movimento e som aos contextos em que se desenvolve o argumento educativo. Esses recursos, ainda que muito poderosos por sua capacidade de representar de forma clara um contexto e de manejar uma redundância de estímulos, são eminentemente unidirecionais na medida em que não permitem tratamento algum por parte do usuário e levam muito *pouco* em consideração questões como o controle do ritmo ou da sequência. Por outra parte, exigem dispor de equipamentos e de lugar para projeção ou consulta (Galvis, 1992, p. 246).

- **Aulas práticas, correção de exercícios** .-Nestes casos ocorre uma maior participação do aluno. São feitas através da resolução de casos ou problemas dentro do assunto abordado, onde os alunos participam das discussões, comentários ou críticas, na aula, sobre os trabalhos realizados.

A experiência, seja no campo de trabalho, no laboratório ou em ambientes simulados por modelos dinâmicos ou estáticos, se constitui na forma primordial de chegar ao conhecimento a partir da ação sobre o objeto de estudo. Como meio educativo um ambiente de prática, por si só, pode não ser suficiente; exige que haja quem promova a inquisição, conjectura, reflexão e explicitação do conhecimento a partir da ação. Por outra parte; dependendo da natureza do que se deseja aprender, nem sempre é possível oferecer ao estudante a experiência sobre o objeto mesmo do conhecimento, principalmente por limitações de recursos (físicos, temporais, econômicos, etc.), (Galvis, 1992, p. 246).

- **Estudos em material impresso (livros, apontamentos, etc.)**.- É o típico estudo em casa ou em uma biblioteca, em livros texto ou de consulta, ou em apontamentos tomados em classe a partir das explicações do professor. Realizado sobre material impresso, ocorre ser freqüente ter que saltar de uns pontos a outros, mesmo por que aparece no livro: "ver página... ", quando se necessita um esclarecimento a partir de outras partes auxiliares do livro de consulta.

O livro de texto é de natureza expositiva, capaz de armazenar e apresentar grande quantidade de informação textual, gráfica e colorida, suscetível de utilizar-se por si mesma, de permitir algum tratamento por parte do usuário (sombreados, coloridos, anotações, etc.). ao tempo que lhe proporciona controlar o ritmo e a sequência de aprendizagem (Galvis, 1992, p. 246).

- **Resolução de exercícios, casos, projetos, etc. em casa.-** Objetiva-se resolver, em ambiente privado, exercícios, casos práticos, etc. propostos pelo professor.

- **Discussões em grupo.-** Além das discussões em sala de aula, em certos momentos, um grupo de alunos estuda ou resolve casos e problemas juntos.

Analisando este tipo de ensino deve-se destacar a interatividade existente entre o aluno e o professor, que só é possível pela coincidência de ambos no espaço (sala de aula) e no tempo (horário), e entre os alunos entre si, pois que é praticamente nula entre o aluno e os demais meios de estudo.

5.2 - Papel clássico do computador no ensino

O surgimento dos computadores pessoais causou um grande impacto no mundo do ensino, especialmente no ensino técnico. As aplicações, que se poderiam chamar "auxiliares", como processador de texto, criação de gráficos, folha de cálculo e bases de dados, estão sendo utilizadas de uma maneira "clássica" como ferramentas de apoio ao ensino tanto nas aulas como fora delas, nas seguintes formas:

- **Assistência em aula para apresentações**

Em classes convencionais utilizam-se transparências para:

- Fixar a atenção do aluno.
- Servir de guia ao professor.
- Avançar com maior velocidade na exposição dos temas.

O computador permite, com os programas atuais de apresentação, substituir com vantagem as transparências clássicas, permitindo incorporar ao texto, imagens, sons, cores e animação.

- **Assistência fora de aula para resolução de exercícios.**- A rapidez do computador na realização de cálculos matemáticos fazem dele um "aluno" privilegiado na hora de resolver problemas técnicos e situações gerais da vida real onde o número de operações é muito elevado, tanto em aula como fora dela.

A idéia de reforçar os tópicos que se querem conhecer realizando muitos processos repetitivos, que antes não era possível de executar pela grande quantidade de tempo requerido, é agora aplicável com um consumo mínimo de tempo, podendo o professor dedicar-se a insistir mais nos conceitos, deixando ao computador a árdua tarefa de realizar os cálculos.

A possibilidade de utilização, por parte do aluno, não se limita a resolução dos exercícios propostos pelo professor. Pode-se propor novos casos, já que a resolução dos mesmos exigem pouco esforço e o experimentar, "brincando" com o computador, de certa forma, pode ser o caminho inicial para resolver problemas, modificando-se o caminho em função dos resultados obtidos.

5.3 - Atuais Desafios do Ensino

5.3.1 - Problemas a considerar

- A nível de educação elementar, a UNESCO está continuamente recordando o direito fundamental do homem a ter uma educação-básica adequada a qual, atualmente, não recebe nas regiões subdesenvolvidas do planeta.
- A nível universitário, a educação tradicional tem-se concentrado, por um grande período de tempo, em um ensino acadêmico, que está demasiado teórico, ministrado ao longo de um número elevado de anos (4 a 6, no caso concreto do Brasil). Porém, devido às mudanças produzidas na sociedade, fazem-se necessários estudos cada vez mais curtos, menos acadêmicos e mais práticos (Fernandez, 1992).
- Por outro lado, o graduado, ao longo de sua vida profissional, tem que lutar contra o esquecimento natural dos conhecimentos adquiridos, produzido como consequência do passar do tempo.
- A isto há que se acrescentar outro problema atual: o aparecimento das novas tecnologias no campo técnico, as variações no contexto econômico e legal dos países individuais em integrar-se em organizações supranacionais, unido às mudanças de mentalidade na sociedade atual, fazem que o ensino recebido até o momento da saída da universidade torne-se obsoleto no transcorrer do tempo, sendo insuficiente para fazer frente aos novos desafios.
- A título informativo, pode-se dizer que na Europa se considera que o ritmo de obsolescência dos conhecimentos está em 7% ao ano, e isto de forma cumulativa. Por estes dados

pode-se concluir que, em 10 anos, de nada serve o que se havia aprendido até o momento de sair da universidade (Fernandez, Kumpel, Lopez, Villa, 1992, p. 335).

- Também ao longo de sua vida profissional, o indivíduo encontra possibilidades de ascender a postos de nível superior, para os quais, muitas vezes, não se encontra totalmente capacitado, devendo adquirir os conhecimentos adequados em cada momento a fim de ocupar a nova posição.

- Existem, por outro lado, grupos sociais, isolados temporariamente do mercado de trabalho, que desejam retornar novamente ao mesmo, como por exemplo, as mães que querem voltar ao trabalho ativo depois de uma etapa dedicada a família.

- Por último, a extinção de postos de trabalho por parte de empresas descartadas do mercado por uma concorrente mais agressiva e melhor preparada tecnologicamente e o aparecimento das novas tecnologias, menos intensivas em mão de obra, produzem o paradoxo do desemprego, uma vez que existe falta de pessoal qualificado para ocupar os postos surgidos com o aparecimento das novas técnicas, ou das novas necessidades sociais no campo não tecnológico.

5.3.2 - Novas necessidades educativas

De tudo o que foi exposto se deduz que as necessidades atuais podem ser sintetizadas no que segue (Rodriguez, Izquierdo 1991):

- É necessário fazer chegar a todos os homens da terra uma formação básica digna de sua condição de humanos.

- Usando palavras do prof. Dr. Guillermo Rodriguez-Izquierdo Reitor da Universidade Pontificia "Comillas" - Madrid - Espanha, ao falar de novos planos de estudos, pode-se dizer que "existe a necessidade de mudar os métodos educativos para transmitir o mesmo em menos tempo, sem sacrificar nem a amplitude nem a profundidade e, muito menos, a qualidade do ensino".

- A obsolescência e o esquecimento supõem uma redução na eficácia total do elemento humano na empresa, caso não se recorra a atualização e adequação de seus conhecimentos, para que se possa mantê-los aptos a satisfazer às novas necessidades. Em outras palavras, é necessário o constante retreinamento da força de trabalho existente.

- Os grupos que retornam ao mercado de trabalho, que abandonaram temporariamente, precisam pôr em dia seus conhecimentos, antes de sua reintegração.

- Ao paradoxo do desemprego é necessária uma readaptação adequada, que permita a solução deste problema.

- Há que se criar um efeito sinérgico, entre educação, treinamento e vida econômica, que assegure a ótima aplicação de conhecimento e especializações. Estes requisitos de educação específica se originam, pois, como consequência de:

- Necessidades individuais em adquirir os conhecimentos mínimos, bem como para manter seu potencial profissional ou aumentá-lo;
- Necessidades de uma região, um setor ou de uma empresa determinada, por atualização, reestruturação, reconversão ou qualquer outro motivo de interesse coletivo;
- Desenvolvimentos tecnológicos importantes.

5.3.3 - Possíveis soluções, educação contínua

a) Possa adquirir uma educação básica, tanto elementar como universitária, adaptada a realidade das novas situações das pessoas e das nações.

b) Tenha acesso a uma educação contínua, posto que contínua é a deterioração dos conhecimentos por obsolescência e esquecimento e contínua, também, a necessidade de levá-los a um nível superior, ao longo da vida profissional.

Pode-se dizer, resumindo em uma só frase, que "aprender deve ser uma parte da vida e do trabalho diários".

5.4 - Novo enfoque pedagógico

5.4.1 - Educação flexível, aberta e à distância

É preciso, pois, desenvolver novos modelos educativos e oferecer novas oportunidades. A nova educação, tanto básica como contínua, não pode estar enclausurada nos "cânones" mais ou menos rígidos que caracterizam a educação clássica.

Há que se levar em consideração que esta formação será dirigida a pessoas que não podem receber uma educação assistida (com o professor presente), ora por que não lhes é acessível, ora por que desenvolvem uma atividade de trabalho e, só podem se dedicar a educação em tempo

parcial. Por isso sua característica principal tem de ser a flexibilidade (Fernandez, Kumpel, Lopez, Villa, 1992, p. 337).

- No tempo, permitindo que o usuário tenha acesso a educação quando lhe seja possível.
- No espaço, recebendo-a na empresa ou outro lugar qualquer.
- No conteúdo, permitindo, dentro de certos limites, a escolha das matérias a estudar em termos de quantidade e conteúdo.
- No ritmo de aprendizagem, deixando o aluno livre, para adaptá-la a suas disponibilidades e a sua capacidade.

O caminho a seguir para conseguir esta flexibilidade está em uma educação aberta e à distância. "aberta" significa flexibilidade e acessibilidade e "à distancia" é sinônimo de independência e autonomia.

5.4.2 - Como consegui-lo

Há, pois, que dar um novo enfoque ao ensino para que se consigam estas características de flexibilidade, acessibilidade, independência e autonomia. Para isso é preciso (Fernandez, Kumpel, Lopez, Villa, 1992, p. 338):

- Um novo projeto de cursos com estrutura modular e com uma ampla gama de alternativas, que permitam a cada usuário compor seu próprio "currículo", adequado às suas necessidades, permitindo-o alcançar seus objetivos parciais, sucessivos e acumulativos.

- Uma organização do ensino, que permita a escolha por parte do aluno do modo, do meio, do calendário e, também, do horário de aula (disponível 24 horas ao dia).
- Utilização e projeto de meios que sejam independentes do lugar (casa, empresa, escola,...) e da "procedência" do estudante (idade, nível....).
- Produção de um material que permita substituir com vantagem a interatividade da educação formal, organizado de maneira que seja fácil buscar e encontrar (base de dados "amigável") o conhecimento requerido.
- Um suporte tutorial e de acessoramento, que exista em centros locais ou regionais, a ser fornecido através dos modernos sistemas de comunicação e que assegure uma boa qualidade de ensino.
- Um sistema de autoavaliação e de controle, que permita ao aluno quantificar o progresso obtido.

O Reitor da Universidade Católica de Lovaina, Prof. Dr. R. Dillemans, afirma que este ensino é uma educação "a la carte" e que se iguala a um restaurante de 5 estrelas:

- O menu deve ser fácil de ler (bases de dados "amigáveis");
- Deve oferecer a "nouvelle cuisine" ("menus compridos e estreitos", modular, a escolher);
- O restaurante está aberto 24 horas (ensino à distância, "multimídia");
- A qualidade da comida e do serviço sejam de primeira classe (tutorial, guiada, controlada);

Geralmente, este tipo de educação "a la carte" não é fácil de ser ministrada por uma só entidade isolada. É necessário uma rede de universidades, empresas, profissionais e organismos estatais, que reúnam esforços nesse sentido.

5.5 - A "Revolução" da informática, ferramentas didáticas

Parece que as soluções dos problemas considerados na educação, tanto básica como contínua, apontam para as ICT (tecnologias de informação e comunicação) e a "hipermídia". Pois são as ferramentas que podem oferecer uma resposta satisfatória à flexibilidade, personalização, interatividade e qualidade de ensino exigidos. Os caminhos que se vão seguindo apontam para a utilização do livro e da aula eletrônicos.

5.5.1 - Novas tecnologias de informação e comunicação

O uso de cor, imagem, som e animação não é muito recente, mas sim seu emprego na elaboração de cursos, com as técnicas de "multimídia". A razão é simples: o grande espaço ocupado na memória quando se armazenam arquivos de som ou imagem, digitalizados, tornava inviável sua utilização com computadores normais. O aparecimento dos novos sistemas de armazenamentos CD-ROM, CD-DA, DVI, CDI, etc. Tem tornado factível seu emprego, utilizando interfaces e periféricos adequados.

Por outro lado, os grandes avanços obtidos recentemente no mundo das comunicações tornam possível a transmissão de cursos mediante redes locais, redes telefônicas, rádio, fibra óptica, via satélite, etc. com o que a educação pode fazer-se chegar facilmente até o lugar desejado.

5.5.2 - Multimídia

Quando se fala do emprego da "multimídia", está se fazendo referência a utilização através do computador de "múltiplos meios" como textos, gráficos, sons, imagens, animação e simulação, que são combinados e controlados de forma interativa, para conseguir um efeito determinado.

A "multimídia" não é mais nem menos que o emprego de uma série de recursos já conhecidos e utilizados anteriormente, porém manipulados agora por uma série de ferramentas poderosas, que reforçam sua eficácia, gerenciadas todas elas pelo computador.

Efetivamente, não são um fim em si mesmos. São somente um meio para a educação. Pode-se dizer que constituem uma nova "tecnologia educativa", porém a base e centro do ensino seguem e seguirão sendo sempre o ser humano: aluno e professor (Fernandez, Kumpel, Lopez, Villa, 1992, p. 339).

5.5.3 - "Hipertexto" e "Multimídia" "Hipermissão"

A utilização do "hipertexto" que permite situar tópicos distintos interrelacionados com outros em níveis distintos de aprofundamento sugere a possibilidade de personalizar a tarefa de aprendizagem, fornecendo ao aluno um ritmo, nível e estilo que lhe seja mais adequado.

Alguns autores colocam "hipertexto", combinado com "multimídia" sendo que Nielsen chama essa combinação de "hipermissão": ferramenta ótima para a transmissão de conhecimento no contexto do ensino aberto e à distância.

5.5.4 - Por que "hipermissão" no ensino

A "hipermissão" tem-se introduzido com grande rapidez no ensino pelos benefícios que fornece:

- Oferece um material mais atrativo que o clássico, convertendo o árido em ameno; e o que entra por vários sentidos e é mais agradável, recorda-se muito melhor, reforçando, como já foi dito, a aprendizagem.

- Dá uma grande flexibilidade ao aluno, dando-lhe um maior controle individual sobre a matéria de estudo, ao dispor de meios mais dinâmicos que lhe permitam "navegar" através deles ao ritmo e profundidade escolhidos e no momento e lugar desejados.

- Permitem um sistema de comunicação mais efetivo que os meios convencionais. O estudante pode compreender melhor uma matéria através da interação com diversos meios, em vez de só através das classes na sala de aula e de livros de texto.

- O homem com sua capacidade criativa e com a ajuda destas técnicas, pode ter em suas mãos um meio excelente para ajudá-lo a transmitir seus conhecimentos. Nessa transmissão existem duas vias básicas de utilização no ensino: apresentações na aula e estudo individual.

- As apresentações utilizam os meios citados para tornar mais claras e amenas as idéias básicas que se lhe querem transmitir.

- Os cursos, combinando também, texto, imagens e animação, permitem ao aluno a exploração interativa, em profundidade, para a assimilação e fixação dos conceitos. Constituem a base para o estudo individual. Substituiu-se assim o livro de texto convencional pelo "livro eletrônico".

- Em ambos os casos se capta a atenção do aluno, se lhe motiva ao estudo e se reforça a aprendizagem.

Tudo isso abre novos horizontes para a educação, tanto ao docente como ao discente, que sem estes recursos seriam insuspeitados.

5.5.5 - Valor adicional trazido pelos "hipermídia"

A utilização dos "hipermídia" no ensino aportam um valor adicional sobre os meios convencionais empregados até agora, que poderia resumir-se nos seguintes pontos (Fernandez, Kumpel, Lopez, Villa, 1992, p. 340):

- O espaço utilizado pela informação é muito menor que o que ocupa a mesma, quando se apresenta impressa. Ele permite armazenar enciclopédias, dicionários, etc. (no CD-ROM), com muito menos volumes que a mesma informação apresentada sobre suportes clássicos (livros).
- A reprodução da informação é muito mais simples que quando se encontra na forma tradicional (é mais fácil copiar um disco que copiar um livro).
- Sobre estes suportes se tem uma maior facilidade de edição e modificação da informação anteriormente existente, o que agiliza o processo de atualização (no disco se corrige com maior facilidade, posto que no livro há que se recorrer a uma nova impressão depois de introduzir as modificações).
- Possibilidade de compartilhar a mesma informação, para ser utilizada por vários usuários por vez (conectados na rede, muitas pessoas podem ler o mesmo tema, enquanto que a informação impressa só pode ser utilizada de forma individual e sucessiva).
- Maior facilidade de transmissão dessa informação (rede local, rede telefônica, satélite de comunicações, etc).

Deve-se considerar que os "multimídia" por si só não suportam essa série de vantagens. É a interação entre eles, levada a cabo através do computador, que os dota dessas características acima enumeradas. A essas há que se acrescentar que a filosofia da interação se desenvolve "orientada ao usuário", isto é, o mesmo não precisa ter conhecimentos de programação, o que permite a utilização das "multimídia" por qualquer leigo na matéria.

5.5.6 - A aula eletrônica

A nível da educação assistida por computador, - tanto no seio da Universidade, como a distância,- o "livro eletrônico" é uma ferramenta a mais da aprendizagem. A ele há que acrescentar o sistema de comunicações que permite a conexão do aluno com o professor e com seus outros companheiros de curso.

Na aula "eletrônica" o aluno forma parte de um grupo conectado através do "sistema de conferências" e se dão as "regras do jogo", incluídos os aspectos de comportamento ético entre os participantes.

Posteriormente vem o trabalho individual de cada aluno, já no seu lugar de origem, com o material disponível, subministrado pessoalmente e/ou empregado através da interconexão.

No período "pós curso" se tem um período no qual é possível acessar ao tutor e ao sistema de conferências.

5.7 - Os Materiais educativos computadorizados

Como se viu anteriormente neste capítulo, o computador é capaz de manipular estímulos textuais, gráficos, cor, som, animações; pode interagir com o usuário, no sentido de que pode entender o que este lhe indica mediante sistemas de comunicação (interface) relativamente limitadas, porém cada vez mais poderosas e é capaz de processar a informação ministrada em função daquilo que já possui e dos programas que sejam aplicáveis e, a partir daí, mostrar o resultado do que o

usuário lhe pediu para fazer dentro de contextos tão vívidos como os desejar o projetista do programa. Isto faz possível que, se o projetista dos ambientes assim o desejar, o usuário tenha o controle do processo. Por outra parte, oferece a possibilidade de individualizar praticamente todas as dimensões (ritmo, sequência, metas, ponto de partida, tratamento). Apesar de tudo o que dissemos anteriormente, os materiais computadorizados não são utilizáveis diretamente, requerem computadores que sejam adequados às características dos programas que vão ser postos a disposição do usuário, sendo necessário contar com equipamentos proporcionais ao número de usuários que desses façam uso simultâneo.

Não basta assinalar com a especificidade dos meios e dos materiais que se podem por a disposição do aprendiz por sua conduta, para resolver as interrogações mencionadas. Se impõe assinalar também a filosofia educativa que pode imprimir-se ao docente no processo de ensino-aprendizagem, dentro de dois extremos a que faz referência a literatura educativa: Educação vertical versus Educação horizontal, Metáfora de transmissão versus Metáfora de diálogo, Aprendizagem dirigida pelo professor versus Aprendizagem autodirigida, Enfoque Algorítmico versus Enfoque Heurístico. Na primeira aproximação o docente pode fazer uso de cada um dos meios e materiais mencionados como um dispositivo de entregar informação, para com seu apoio transmitir seus modelos de pensamento. Na segunda, o docente pode usar alguns destes meios como ambientes nos quais o aluno pode aprender a partir da experiência e da conjectura, da reflexão e da ação sobre o objeto de conhecimento, para assim desenvolver seus próprios modelos de pensamento, recriando ou descobrindo o conhecimento (Galvis, 1992, p. 247).

O papel que um meio como o computador pode desempenhar é, deste modo, variado, amplo e poderoso. Potencialmente é capaz de apoiar ao docente em ambos os tipos de aproximações ao processo de ensino-aprendizagem ou na combinação desses. Seu poder se radica em que pode amplificar a capacidade dos aprendizes e dos docentes para adequar o ambiente de aprendizagem, segundo se necessite, às necessidades e particularidades de cada um.

5.7.1 - Necessidades educativas e apoios informáticos

Se concebe uma necessidade educativa como a discrepância entre um estado educativo ideal (deve ser) e outro existente (realidade). Por conseguinte, sua determinação deve levar em conta três interrogações. A terceira das quais reflete a necessidade: Qual é o ideal? (meta ou aprendizagem esperada), Destas quais podem ser satisfeitas com o que existe? (o que se pode aprender com os meios e atividades aplicáveis) e que falta por alcançar?. (a necessidade). Deste modo, a determinação de necessidades educativas, em um entorno de ensino-aprendizagem, é equivalente ao estabelecimento do que se está por aprender ou não se aprende suficientemente bem com os meios usuais.

É claro que, pela especificidade do meio computadorizado, só algumas das necessidades que se detectam são suscetíveis de serem atendidas com o apoio de computadores, sem que isto implique que seja desejável apoiar todas as que sejam possíveis. Dentro do princípio de racionalidade antes assinalado, os MECs devem dedicar-se a subsanar a insuficiência de meios e materiais de aprendizagem para criar ambientes educativos que permitam lograr o que se deseja.

A deteção de necessidades educativas não é um processo simples nem de todos os dias, porém vale a pena realizá-la. A identificação destas é uma boa base para estudar a conveniência de usar MECs como apoio a aprendizagem de uma unidade de instrução. Porém isto não é suficiente. Se impõe também contar com um marco teórico ou de referência que permita saber que tipo de ambiente e atividades de aprendizagem é desejável dispor para que esse tipo de aprendizes se apropriem dos conhecimentos, habilidades e destrezas, se deseja obter. Ao contrastar o tipo de aprendizagem vigente com o desejado, se podem estabelecer algumas possíveis causas dos problemas que ficam subentendidos pela situação problemática. Outras causas se fazem evidentes ao indagar acerca delas com os participantes do processo de ensino-aprendizagem.

Dentro das causas que exigem decisões acadêmicas haverá algumas impossíveis de atender com meios não informáticos, só restando a perspectiva do apoio informático. Entre outras, cabe considerar (Galvis, 1992, p. 248):

- Problemas de motivação que podem atacar-se criando micromundos que sejam excitantes e significantes para os aprendizes, cuja exploração os leve a adentrar-se no que lhes interessa aprender.
- Simulação de eventos ou atividades que normalmente não estão a disposição do aprendiz, nas quais se podem tomar decisões e ver o efeito delas, sem que isto conduza a perigos, ou que exija toda uma vida esperando resultados ou que demande custos excessivos.
- Obter informação de retorno diferencial dependendo do que alguém faz, explicação sobre as regras que regem o comportamento do sistema ou realizar uma explicação das ações que conduzirão a uma situação final.
- Controle do ritmo e sequência por parte do aprendiz, sem que a máquina se canse nem faça alguém esperar por avançar mais rápido que os demais, por ensaiar todas as opções, por insistir em necessidades, etc.

5.7.2 - Estabelecimento do papel do computador, Tipos de MECS

Se as possibilidades que apresentam as ferramentas de propósito geral não são adequadas ou são insuficientes, haverá que pensar que outro tipo de ambiente educativo informático é conveniente. Tratando-se de necessidades educativas relacionadas com a aprendizagem, segundo a

natureza destas, se poderá estabelecer que tipo de MEC, ou combinação deles, convém usar (Galvis, 1992, p. 249):

- Um sistema tutorial se justifica quando, sendo conveniente transmitir o conhecimento ao aluno, também interessa que este o incorpore e que uma avaliação seja realizada, tudo isto dentro de um mundo amigável e oxalá divertido.

Tipicamente um tutorial inclui as quatro grandes fases que segundo Gagné, citado por Galvis (1992, p. 249), formam parte de todo processo de ensino-aprendizagem: Na fase introdutória se gera a motivação, se centra a atenção e se favorece a percepção seletiva; na de orientação inicial se leva a cabo a codificação, a armazenagem e a retenção do aprendido; a fase de aplicação leva em conta a evocação e a transferência do aprendido; e na fase de retroalimentação se demonstra o aprendido e se recebe retroinformação e reforço.

Se se trata fundamentalmente de avaliar os conhecimentos que o aprendiz adquiriu por outros meios, pode pensar-se no uso de um sistema de exercitação e prática que leve em conta um sistema de motivação apropriado à audiência, ou no aproveitamento de um simulador para praticar ali as destrezas e obter informação de retorno segundo as decisões que tome o aprendiz.

- Um exercitador (sistema de exercitação e prática) pretende reforçar as duas fases finais do processo de instrução: aplicação e retroalimentação; as duas primeiras devem já haver-se obtido com apoio de outro meio.

Em um bom exercitador devem combinar-se três elementos: quantidade de exercícios por cada destreza, variedade de formatos com que se apresentem, e informação de retorno diferencial e que ilumine com luz indireta o caminho até a aprendizagem.

- Um simulador é um programa que contém um modelo manipulável de um sistema real ou teórico. Permite trocar os estados do modelo a partir das variações introduzidas pelo usuário.

A força de uma simulação se estabelece na medida em que força ao aprendiz a buscar em sua mente conhecimentos que tem que ver com o problema, assimilá-los em uma solução e avaliar o resultado. Sua debilidade tem que ver com que só indiretamente indica se o entendimento do estudante é correto e não provê novo conhecimento além do que o estudante possui ou pode criar.

Um simulador poderá ser usado também, e primordialmente, para que o aprendiz chegue ao conhecimento mediante trabalho exploratório, conjectural e mediante aprendizagem por descobrimento, dentro de um micromundo criado com essa finalidade que se aproxima razoavelmente, em seu comportamento à realidade ou aquilo que intenta modelar.

- Um jogo educativo será conveniente quando, ligado ao componente lúdico, interessa desenvolver algumas destrezas, habilidades ou conceitos que estão nele integrados.

Os jogos educativos computadorizados são ambientes lúdicos, de entretenimento, nos quais se pode atuar sobre uma situação modelada que não necessariamente reflete uma realidade porém que ordinariamente apresenta desafios ou objetivos significantes ao usuário, como meio para obter um fim educativo.

- Os sistemas especialistas se justificam quando o conhecimento que se deseja aprender é o de um especialista na matéria, que nem sempre está bem definido ou é incompleto e que combina regras de trabalho com regras de raciocínio. Nestes casos o conhecimento não se pode encapsular rigidamente, nem se pode transmitir em forma direta; se requer interagir com ambientes vivenciais que permitam desenvolver o critério do aprendiz para obter a solução de situações na forma como o faria o especialista.

Os sistemas especialistas são programas capazes de representar conhecimento e raciocinar acerca de um domínio rico em conhecimentos, entre outras coisas com o objetivo de resolver problemas, dar conselho àqueles que não são especialistas na matéria ou de monitorar as decisões que tomam aqueles que não são especialistas no domínio do conhecimento. Outra forma de

chamar os sistemas especialistas é sistemas baseados em conhecimento, devido a que usam conhecimentos e procedimentos de inferência para resolver problemas suficientemente difíceis como os que requerem experiência e conhecimento humano para sua correta solução.

- Um Sistema Tutorial Inteligente se justificará quando, além de se desejar que o aprendiz alcance o nível de um especialista em um área de conteúdo, interessa que o MEC assuma, adaptativamente, as funções de orientação e apoio ao aprendiz, de forma semelhante à de um especialista no ensino do tema.

A idéia básica de um Sistema Tutorial Inteligente (STI) é de ajustar a estratégia de ensino-aprendizagem, o conteúdo e a forma como se aprende, aos interesses, expectativas e características do aprendiz, dentro das possibilidades que permitem a área e nível de conhecimento e das múltiplas formas em que este se pode apresentar ou obter.

Os tipos de MECs podem ser vistos também como formas alternativas de prover experiências educativas. Segundo Cruickshank, citado por Galvis (1992, p. 251), que os meios e materiais educativos podem propiciar três tipos predominantes de experiência: concreta, vicariante e abstrata. A de carácter concreto inclui assuntos como microensino, prática, simulação, jogos educativos, sistemas especialistas. As experiências de carácter vicariante, experiências representativas, incluem a observação de películas ou de demonstrações; as experiências de carácter abstrato incluem um amplo range de alternativas como conferências, leituras, casos, discussões, exercitadores e tutoriais.

A dúvida, ante esta variedade de opções é que tipo de MECs favorecer primordialmente?

A tecnologia pode ser usada para ensinar conhecimento declarativo ou informação futura através de ambientes fechados de aprendizagem como tutoriais ou exercitadores; também pode ser usada para aprender informação procedural, como destrezas intelectuais ou solução de problemas, através de ambientes abertos de aprendizagem como simuladores, jogos especialistas, linguagens de

programação ou ferramentas de produtividade. É obvio que muitos professores tem mais treinamento e experiência no ensino de informação declarativa que de qualquer outro tipo. O ensino de informação procedural requer em muitos casos repensar os objetivos, a forma como o professor interage com seus estudantes, a maneira como os alunos interagem entre si, o método de avaliação e as qualificações.

Para Weaver, citado por Galvis (1992, p. 251), o poder real que pode ter um MEC, está em seu potencial para promover no aprendiz novas capacidades, e estas podem dar-se em qualquer dos domínios do aprendizagem (cognitivo, afetivo e psicomotor, segundo Bloom), abarcando no domínio cognitivo desde as categorias mais básicas (conhecimento) até as mais altas (solução de problemas).

O poder de um MEC está associado a sua capacidade de combinar instrução com aprendizagem por descobrimento para assim preencher vazios cognitivos, afetivos, ou psicomotores no aprendiz, não limitando-se a transmitir o conhecimento de base que faça falta, mas também propiciando o desenvolvimento de modelos próprios e estratégias de pensamento, ou a obtenção de destrezas superiores de pensamento. Isto faz que um MEC seja aplicável a um amplo range de tipos e estilos de aprendizagem e que faça possível a obtenção de aprendizagens produtivas (por contraposição às meramente reprodutivas).

Se se deseja que o computador desempenhe um papel importante na criação e uso de ambientes de aprendizagem, é necessário conceber e usar MECs poderosos, que sejam pertinentes frente as necessidades educativas que vão satisfazer e consistentes com o marco teórico que seja aplicável à população objeto e necessidade educativa de que se trate.

5.7.3 - Princípios que estão subjacentes ao emprego dos MECs

A criação de MECs poderosos não é fruto da pura criatividade, inspiração e arte de seu criador. Estas condições são necessárias, porém não suficientes por detrás de um MEC poderoso deve haver uma concepção educativa também poderosa e princípios derivados de teorias de aprendizagem humana que estejam em consonância; todos eles servem de fio condutor nos entornos, atividades e experiências de aprendizagem que se propõem ao aprendiz com apoio do ambiente computadorizado.

Se um MEC poderoso busca favorecer o desenvolvimento do aprendiz combinando com critério diversidade de ambientes educativos, então deve nutrir-se de idéias educativas que dêem apoio a esta aproximação. Não se trata de que se privilegie um ou outro polo de aproximação ao processo educativo, chamemos de educação controlada pelo projetista e educação controlada pelo aprendiz, e sim de que se possam combinar com critério em função das características do que interessa aprender e dos aprendizes (Galvis, 1992, p. 252).

As aprendizagens de caracter reprodutivo (i.e., desde conhecimento até o uso de regras, assim como o domínio psicomotor, usando a taxonomia de Bloom), podem naturalmente girar ao redor da metáfora de transmissão, da educação vertical, do ensino ou instrução, reforçando com MECs aqueles eventos em que os meios usuais não sejam suficientes.

As aprendizagens de caracter produtivo (i.e. análises, sínteses, avaliação e domínio afetivo, usando a taxonomia de Bloom), exigem recorrer à metáfora de diálogo, à educação horizontal, ao aprendizagem por descobrimento. Se do que se trata é de que o estudante desenvolva seus próprios modelos de pensamento, dificilmente pode se obter isto com enfoques educativos fechados.

Por outra parte se os aprendizes estão em um nível de desenvolvimento no qual ainda não realizam operações abstratas deve privilegiar a aprendizagem experiência e conjectural para promover o descobrimento, antes que o transmissivo, assim se trate de aprendizagens reprodutivas. Não há que confundir a transmissão da herança cultural, a qual se pode recriar a partir da experiência, com a transmissão de modelos de pensamento, os quais sempre se deveriam criar.

A instrumentação desta combinação, baseada em enfoques educativos, desde a perspectiva psicológica da aprendizagem, também nos leva a aproveitar aportes de distintas correntes, que mais que contrapor-se, se complementam. Em continuação apresentamos algumas idéias cujo aporte segundo Galvis (1992, p. 253), são fundamentais para a criação de ambientes educativos computadorizados.

- **Motivação intrínseca.**- Se o aprendiz não está interessado em aprender, em fazer próprio o conhecimento em cuja busca se trabalha, dificilmente se poderá ter êxito na tarefa educativa. E necessário que o aprendiz passe de estar disposto a receber (nível mais básico do domínio afetivo) a estar disposto a responder ou a participar na busca do conhecimento, abre já as portas afetivas do processo de aprender.

- **Significação.**- Levar em conta o campo vital do aprendiz, permite dar sentido aos entornos da aprendizagem, aos micromundos, contextos e situações que se propõem. Não tomá-los em conta é criar obstáculos mentais ou afetivos à aquisição de conhecimento.

- **Boa forma.**- ou discernimento repentino que está ligado ao ato de aprender, depende em grande medida da boa forma que se utilize para promovê-lo. De acordo com a aproximação transmissiva isto tem que ver com a apresentação organizada, metódica, harmônica e significativa de informação que sirva de base a aprendizagem, além do mais que na aprendizagem por descobrimento, se relaciona com a significação dos micromundos e a adequação dos objetivos a que se propõem, em função das características dos aprendizes.

- **Processamento ativo.**- Não é o que o professor faça pelo aprendiz, e sim o que este faz com a informação que está a sua disposição, ou que permite que aprenda. Obter que os aprendizes participem no processamento da informação e que passem do processamento superficial ao processamento profundo do que sabem ou do que obtém do entorno da aprendizagem, é um objetivo importante do projetista de ambientes.

- **Maturação.**- ou nível de desenvolvimento intelectual da pessoa, que vai ligado a seu desenvolvimento orgânico, condiciona o tipo de experiência que convém que se lhe proponha como base para aprender. A concretude ou abstração das experiências se devem adequar a ditos estados.

- **Experiência.**- As experiências, físicas ou lógico-matemáticas, que resultam da atuação do sujeito sobre o objeto do conhecimento e de sua reflexão ao respeito, são a base para a aprendizagem conjetural e por descobrimento. Na vivencia destas experiências o professor deve confiar no aprendiz, dar-lhe a oportunidade de que viva a experiência e promover que reflexione até fazer explícito o conhecimento tácito que existe nela.

- **Desequilíbrio.**- As situações problemáticas ou objetivos que se propõem ao aprendiz, quando são significativas e não podem ser resolvidas com a estrutura de conhecimentos desenvolvidos pelo sujeito, desencadeiam processos de assimilação e acomodação, a partir da experiência que pode produzir a aprendizagem, alcançando-se então novos estados de equilíbrio. Compete ao professor criar situações que sejam desequilibrantes para o aprendiz e micromundos significantes nos quais possa viver a experiências que conduz à aprendizagem.

- **Objetivos de aprendizagem.**- Ter claro para que e por que aprender é a base para decidir o que e como ensinar. Sem ter uma meta bem definida dificilmente pode projetar-se um ambiente ou entorno de aprendizagem. Compete ao projetista determinar estas variáveis.

- **Reforçamento e motivação extrínsecos.**- A administração imediata e intermitente de contingências externas de reforçamento ligadas ao logro de um objetivo de aprendizagem esperado,

aumenta a probabilidade de que a aprendizagem permaneça. Os motivadores extrínsecos (recompensas esperadas) podem mover a participar em um processo de aprendizagem, porém não mantêm a motivação, a menos que se logre ganhar motivação intrínseca. Em função das características dos aprendizes, compete ao projetista decidir que tipo de motivadores e reforçadores utilizar (intrínsecos, extrínsecos ou os dois), (Galvis, 1992, p. 254).

- Tipos de aprendizagem e princípios para o ensino.- Nem tudo se aprende da mesma maneira. Dependendo de que classe de aprendizagem interessa obter, o projeto de ambientes segue distintos princípios de aprendizagem.

- Atitudes.- Existe uma relação estreita entre os tipos de atitude (dependência / independência de campo perceptual, inteligência cristalizada / fluida, etc.) e os tratamentos educativos (transmissivos / por descobrimento). Por outra parte, os tratamentos também estão relacionados com os tipos de aprendizagem (produtivo / reprodutivo). Compete ao projetista combinar diferencialmente tratamentos, em função do tipo de objetivos propostos, de modo que cada aprendiz possa tirar proveito de suas atitudes predominantes, ao tempo que desenvolve as complementares.

Estes princípios abrem uma perspectiva ampla para a criação de MECs poderosos. Como se tornou evidente, o fundamental no processo é o estudante, os facilitadores são quando menos o MEC e o professor que o utiliza. Cada um desempenha um papel chave que bem vale a pena destacar.

5.7.4 - Pedagogia apoiada com MECS

Thomas e Boysen citados por (Galvis, 1992, p. 254), propõem a seguinte taxonomia para os MECs, dependendo de seu uso: Experimentais, informativos, reforçadores ou integradores. É bom detalhar posto que isto permite ver que diferentes tipos de MECs podem desempenhar papéis distintos no processo educativo e o que cria a diferença, em um e outro caso, é a função que o professor espera do MEC e a forma como a utiliza.

- Programas experimentais são aqueles que se usam para criar um cenário cognitivo ou afetivo como base para a aprendizagem futura. O uso destes programas precede a representação formal do que se vai aprender. As situações, os jogos, em geral os micromundos, são ideais para desenvolver um conhecimento intuitivo daquilo que se vai aprender. Estes programas são usados para:

- a) Brindar motivação.
- b) Prover uma estrutura organizadora.
- c) Servir como exemplo concreto.
- d) Mostrar falsas concepções e áreas deficientes do saber.

Ao avaliar MECs que se usam com este fim, deve ter-se o cuidado de estabelecer seus efeitos mediante teste de aplicação e transferência antes que teste de conhecimentos.

- Os Programas informativos se usam para transmitir informação ao estudante. Estes programas utilizam o computador como meio de apresentar um tema e o formato mais comum são os tutoriais, as demonstrações, a busca e o diálogo.

- Os programas reforçadores são aqueles que servem para afiançar o conhecimento aplicando-o no mesmo contexto no que se aprendeu. O formato mais comum de reforçamento são os sistemas de exercitação e prática, nos quais uma sequência de exercícios, armazenados ou gerados, se apresenta ao estudante para sua solução. Também os tutores por defeito cumprem esta função. Estes programas se podem ajustar ao conhecimento do estudante e registrar seu progresso. Os simuladores às vezes são usados para isto; ao usá-los força-se ao aprendiz a assumir a responsabilidade de executar o processo, além do mais que os exercitadores simplesmente respondem a perguntas ou instruções.

- Os programas integradores se projetam para ajudar ao estudante a assimilar o conhecimento. São usados apropriadamente em qualquer situação onde há necessidade de aplicar coletivamente conhecimentos que se aprenderam independentemente. Tipicamente as simulações integrativas e os sistemas especialistas são um tipo de MEC que permite fazer transferência dos princípios e feitos aprendidos em forma isolada, por exemplo, no caso de destrezas de diagnóstico.

Os MECs são ambientes de trabalho educativo que por si sós não têm sentido. A idéia ao usá-los não é substituir o docente e sim complementar com eles o que este põe a disposição e articula para que seus alunos aprendam. É necessário, então, se preocupar com uma pedagogia apoiada com MECs, particularmente aquela que promova uma educação controlada pelo estudante, que normalmente não se logra levar à prática por limitações de diversos tipos porém que os MECs poderosos podem fazer possível, sem que isso elimine a educação controlada pelo professor, que até agora tem sido o modelo preponderante.

Diz Dwyer, citado por Galvis (1992, p. 255) que a fim de se lograr obter uma "educação controlada pelo estudante", em que o aluno use o computador para desenvolver e provar seus próprios modelos de pensamento, é necessário que o professor utilize uma série de estratégias heurísticas baseadas em psicologia cognitiva, que promovam o desenvolvimento da capacidade de autogestão do ato de aprendizagem. Estas incluem:

- Aprender a lidar com os fracassos. É natural no homem enfrentar fracassos (ao menos, parciais). O processo educativo deve ser tal que nos ajude a enfrentar estes fracassos parciais, identificar o que se pode fazer a respeito, intentar diferentes alternativas, depurar o processo que conduziu ao fracasso, e conceber como certo e positivo a criação de uma consciência que combine com clareza o que a pessoa é capaz de fazer e o que não.

- Distinguir entre transmitir a experiência acumulada e transmitir os modelos (interpretações) de dita experiência. A importância de transmitir a herança cultural e científica é inegável. A importância de ajudar ao estudante a construir seus próprios modelos do mundo se faz evidente se observamos o trabalho dos mestres com crianças cegas. Estes instrutores se convertem em educadores, quando aprendem a respeitar a forma como as crianças "vêem" o mundo ajudando-os a vê-lo por si mesmos.

- Esperar o inesperado sobre autogestão educativa, dando ao aluno a oportunidade de escolher por si mesmo o caminho. É importante que um mestre aprecie a seus alunos como seres humanos, para aclarar, inspirar, guiar e estimular ao estudante. Os abusos de confiança são a exceção em ambientes de aprendizagem controlados pelo aprendiz; e quando ocorrem, quase sempre é possível explicá-los em termos de uma combinação de não haver pensado as consequências de certos atos e um desejo de fazer coisas que estavam fora do alcance. A solução para isto se baseia no autocontrole, uma das metas da educação; há que se dar uma grande importância ao desenvolvimento dessa consciência clara do que é capaz de fazer o não fazer.

- Usar ambientes educativos ricos, prazerosos, com claros propósitos e boa orientação. Aprendizagem e jogo vão de mãos dadas, enquanto que os ambientes lúdicos contribuem a manter motivados e ativos os participantes. Porém, se estes ambientes não tem um claro propósito e uma boa orientação, podem ser ineficientes e até nocivos.

Um professor deve discriminar estes elementos e promover o desenvolvimento das capacidades de autogestão de seus estudantes tirando proveito de ambientes educativos como o computador, o qual conta com amplas possibilidades de oferecer experiências para Auto-aprendizagem, assim como de mediar a transmissão da herança cultural.

5.7.5 - Ambientes educativos e projeto de MECS

O projeto de MECs exige o repensar dos ambientes educativos. Se avalia o papel de cada um dos participantes: o estudante, o professor, os materiais; os princípios nos quais se baseia a interação, as didáticas que convém aplicar e as ferramentas e micromundos para fazê-lo. Por outra parte, se presta especial atenção ao problema da interação homem-máquina e a obter máximo aproveitamento desta em apoio das funções que alunos e professores requeiram assumir.

Surge então a pergunta: o exercício de repensar os ambientes educativos se deve limitar à criação de MECs, ou se pelo contrario, deveria assumir-se como algo importante em todas aquelas áreas e domínios em que os tratamentos e os meios educativos mostram ser insuficientes para se obter os objetivos propostos?. O computador tem a peculiaridade de exigir que se repensem os ambientes educativos a fim de maximizar o benefício educativo associado ao uso de um bem escasso. Porém, pelo fato de que os meios usuais não sejam tão escassos nem custosos, isto não significa que não se deva buscar com eles o máximo benefício educativo?

Indubitavelmente que se a informática é ocasião de identificar áreas educativas problemáticas, também o é para gerar dinâmicas de revisão dos ambientes educativos nos quais se leva a cabo o processo de ensino-aprendizagem. A participação ativa dos docentes com abertura à

inovação e desejosos de melhorar a educação, a reflexão sobre os fundamentos, experiências, os métodos, as ferramentas, etc. que intervém no processo, são elementos fundamentais para gerar novas aproximações, algumas das quais convém que sejam apoiadas pelo computador.

Finalmente, podemos dizer, que um bom projeto de MECs é a melhor antessala para sua elaboração. Porém, não é o único que incide na qualidade do material. Os recursos e restrições existentes, assim como a estratégia de produção são aspectos chaves para a obtenção de MECs poderosos e de qualidade.

O conhecimento do tipo de equipamentos de que dispõem os destinatários, das qualidades e disponibilidade das pessoas que participaram na elaboração de MECs, as ferramentas de software disponíveis, incidem na especificação do material e em sua elaboração. A seleção de uma ou outra estratégia de produção (autônoma, contratada), a composição dos grupos de elaboração de MECs (uni ou multi-disciplinares) e sua organização (por processos, por produtos), assim como as instâncias e procedimentos de controle, afetam a qualidade do MEC desde a perspectiva computacional.

6 - MULTIMÍDIA E INTERFACE HOMEM MÁQUINA

6.1 - Multimídia

Em seu sentido mais lato, o termo "multimídia" se refere à apresentação ou recuperação de informações que se faz, com o auxílio do computador, de maneira multissensorial, integrada, intuitiva e interativa.

Os seres humanos percebem informações do mundo exterior e tentam comunicar seus pensamentos e idéias a seus pares através do uso dos cinco sentidos (pelo menos). Sem dúvida é difícil expressar completamente os pensamentos e idéias de um ser humano (Lobato, 1992, p. 51).

Quando se afirma que a apresentação ou recuperação da informação se faz de maneira multissensorial, se quer dizer que mais de um sentido humano está envolvido no processo, fato que pode exigir a utilização de meios de comunicação que até há pouco tempo, raramente eram empregados de maneira coordenada, a saber (Chaves, 1991, p. 2):

- Som (voz humana, música, efeitos especiais).
- Fotografia (imagem estática).

- Vídeo (imagens em pleno movimento).
- Animação (desenho animado).
- Gráficos.
- Textos (incluindo números, tabelas, etc.).

Quando se diz que a apresentação ou recuperação da informação se faz de maneira integrada, o que se quer dizer é que os meios de comunicação mencionados não são meramente justapostos, mas formam um todo orgânico sob a coordenação do computador.

Quando se diz que a apresentação ou recuperação da informação se faz de maneira intuitiva, se quer dizer pelo menos duas coisas:

a) Que a informação é apresentada ou recuperada na forma mais adequada ao seu conteúdo, usando-se, para isso, os meios de comunicação mais apropriados, nem mais, nem menos;

b) Que a forma de contato com o material a ser apresentado ou recuperado é tão natural quanto possível, de modo a garantir a facilidade do uso, a eficácia da apresentação ou recuperação da informação, a efetividade da sua compreensão e a eficiência de todo o processo.

Quando se coloca que a apresentação ou recuperação da informação é feita de maneira interativa, se quer dizer que multimídia não é apenas uma maneira de apresentar informações, como se ele fosse seu mero recipiente, passivo: Multimídia é uma forma de interação ativa com as informações: buscando-as, recuperando-as, interligando-as, construindo com elas novas informações.

Falar em multimídia é, portanto, equivalente a falar em multimídia interativa. Se usamos o computador para criar uma fita de vídeo que incorpora sons, imagens de vídeo, animações, gráficos, textos, etc. mas que vai ser utilizada de maneira linear, não estaremos tendo multimídia, apesar de termos várias mídias envolvidas e de contarmos com a participação do computador. O potencial do computador estará sendo sub-utilizado neste caso. Sua utilização mais nobre se encontra no fato de que permite que o usuário se transforme de simples observador passivo da apresentação da informação em participante ativo na sua busca e recuperação, de mero receptor de sons, imagens e textos, em manipulador e processador de informações. Entre outras coisas (Chaves, 1991, p. 3):

- Decide a sequência em que a informação vai ser apresentada ou recuperada e o seu próprio
- Determina o ritmo e a velocidade da apresentação ou recuperação da informação;
- Controla repetições, avanços, interrupções, sempre podendo retomar onde parou da vez anterior;
- Estabelece associações e interligações entre informações diversas, mesmo que de natureza diferente (textos, imagens e sons, por exemplo), progredindo de um assunto a outro, ou saltando de um meio a outro, sem perder "o fio da meada";
- Introduz marcações e anotações nos textos e imagens, bem como comentários ao material lido, visto e ouvido, podendo também realizar cálculos com informações numéricas eventualmente inseridas nos textos;
- Define os momentos em que, se desejar, pode avaliar seu conhecimento, determinando, assim, se já possui as informações de interesse.

É um conjunto de características como essas que normalmente identifica a interatividade de uma experiência. É desnecessário frisar que podemos ter multimídia com maior ou menor grau de interatividade. De qualquer forma, é a possibilidade de interação com informações representadas por mídias que não são tradicionalmente interativas (fotografia, vídeo, música, voz gravada) que vem atraindo as pessoas à multimídia. É o fato de que esses meios de comunicação estão agora associados ao computador que os torna interativos.

6.1.1 - Necessidades de hardware

Quase tudo o que se vai dizer aqui se aplica, igualmente, a todas as plataformas de hardware: à linha IBM (PC e PS/2), à linha McIntosh, da Apple, à linha Amiga, da Commodore, e à linha Next (Rosenthal, 1990, p. 162). Vídeo-discos e CD-ROMs, por exemplo, podem ser acoplados a microcomputadores de todas essas famílias.

Um padrão muito popular que foi desenvolvido para assegurar que um computador tenha todas as capacidades necessárias para rodar software multimídia é chamado de padrão "MPC", que quer dizer PC Multimídia. Somente os novos computadores que chegam ou excedem este padrão podem ter a patente MPC. Este padrão, desenvolvido pela Microsoft Corporation em cooperação com várias empresas de hardware, refere-se especificamente a PCs rodando multimídia no ambiente Windows. Este padrão também garante que qualquer hardware ou software vendidos separadamente tendo o logotipo MPC serão compatíveis entre si e com o computador MPC.

A tabela 1 (Tway, 1993, p. 22) lista o hardware mínimo necessário para um computador ter o padrão MPC. Embora estes componentes básicos permitam rodar programas multimídia, alguns programas podem se mostrar bem lentos, especialmente quando mostrando animações.

**Tabela 1: Hardware mínimo necessário para o padrão MPC
para rodar multimídia no Windows**

HARDWARE	PADRÃO MPC
CPU	386SX rodando a 16 Mhz
Memória	2 MB RAM
Armazenamento	Drive 3.5" de alta capacidade (1.44 MB) Disco rígido de 30 MB Drive CD-ROM com taxa de transferência de dados de 150 KB/s
Gráficos	Padrão VGA (640 x 480 com 16 cores) Som ADC (conversor analógico digital) 11 Khz 8 bits DAC (conversor digital analógico) 11 e 22 Khz 8 bits Auto-falantes ou fone de ouvido Porta I/O MIDI
Mouse	Mouse com 2 botões
Outros	Joystick Porta para Joystick Porta paralela Porta Serial Teclado 101- teclas

Fonte : Tway (1993, p. 22)

A tabela 2 (Bassi, 1994c, p. 18), lista o hardware mínimo necessário para um computador ter o padrão MPC2.

Tabela 2: Recomendações mínimas do padrão MPC2**AS MEDIDAS DO PC MULTIMÍDIA**

RAM	4 MB (8 MB recomendadas)
Processador	486SX, 25 Mhz
CD-ROM	Taxa de transferência de 300 KB/s; tempo de acesso máximo 400 Milissegundos; compatível com CD-ROM XA e Photo CD.
Som	digital de 16 bits, sintetizador de 8 notas, reprodução MIDI
Resolução de Tela	640 x 480, 65 536 cores
Interface	joystick e MIDI

Fonte : Bassi (1994c, p. 18),

6.1.1.1.- Meios de armazenamento de informações

Os principais meios magnéticos de armazenamento de informações hoje disponíveis são:

- Fitas magnéticas de áudio usadas em cassetes, para armazenamento de sons (músicas), gravados em forma analógica, isto é, não como números.
- Fitas magnéticas de vídeo usadas em cassetes, para armazenamento de imagens de vídeo, gravadas em forma analógica.

- Fitas magnéticas de dados usadas para armazenamento de dados (números, textos) e software (programas de computador), gravados em forma digital (isto é, como números binários, que usam apenas os dígitos 0 ou 1).
- Discos magnéticos de dados (flexíveis ou rígidos), usados para armazenamento de dados e software gravados em forma digital.

Os meios óticos de armazenamento de informações hoje utilizados podem ser divididos em analógicos e digitais.

Vídeo-discos analógicos e discos compactos digitais têm em comum o fato de que em ambos as informações são gravadas e recuperadas através de tecnologia ótica envolvendo raios laser. Diferenciam-se, naturalmente, pelo fato de que os primeiros gravam a informação em forma analógica e os últimos em forma digital (Paske, 1990, p. 90).

Os principais meios óticos analógicos são os vídeo-discos, que existem, fundamentalmente, em dois tamanhos:

- Vídeo-discos de 12 polegadas usados para armazenamento de imagens de vídeo (filmes, *clips*, etc.).
- Vídeo-discos de 8 polegadas também usados para armazenamento de imagens de vídeo (filmes, *clips*, etc.).

Exceto no tamanho, e, conseqüentemente, na capacidade de armazenamento, os dois tipos de vídeo-disco não diferem. No que segue, vamos virtualmente ignorar os vídeo-discos de 8 polegadas, por não serem muito comuns.

Os principais meios óticos digitais são os chamados Discos Compactos (CDs), que podem ser divididos em discos de áudio, de dados e de múltiplas finalidades. Essa classificação

dos CDs, porém, é artificial, visto que, como se assinalou atrás, desde que áudio e vídeo estejam em forma digital, não faz muita diferença o que está sendo gravado no disco - se números, textos, gráficos, áudio ou vídeo.

- Discos compactos de áudio conhecidos como CD-DAs (*Compact Disc - Digital Áudio*), usados para armazenamento de sons (músicas).
- Discos Compactos de Dados Conhecidos como CD-ROMs (*Compact Disc-Read Only Memory*), usados para armazenamento de dados e software.
- Discos compactos de múltiplas finalidades, de dois tipos, CD-Is (*Compact Disc-Interactive*) e CD-XAs (*Compact Disc-Extended Architecture*), usados para armazenamento de dados, software, sons, imagens estáticas (fotografias) e imagens dinâmicas (vídeo).

Esses meios óticos de armazenamento de informações, tanto os analógicos como os digitais, não são muito flexíveis, visto que não podem, hoje, ser adquiridos virgens, já vindo da fábrica, portanto, necessariamente, com informações gravadas. Essas informações podem ser ouvidas (músicas), vistas(imagens de vídeo), lidas(dados) e executadas (software) pelo usuário, mas não podem ser gravadas nem apagadas por ele.

Já existem no mercado, porém, meios digitais de armazenamento de informações, total ou parcialmente óticos, que são mais flexíveis, como os seguintes tipos adicionais de discos óticos a laser (Chaves, 1991, p. 97):

- Discos de uma gravação e muitas leituras, conhecidos como WORMs (*Write Once, Read Many*), aqui mencionados como CD-WOs (*Compact Disc-Write Once*), geralmente usados para armazenamento de dados e software, ou, então, também de áudio e vídeo digital. Esses discos podem ser adquiridos virgens e o usuário pode neles gravar dados, software, áudio e vídeo

digital - mas apenas uma vez. Uma vez gravadas, as informações não podem ser apagadas, podendo, porém, ser lidas quantas vezes for necessário. Esse é um meio totalmente ótico.

- Discos regraváveis, aqui mencionados como CD-MOs (Abreviação de *Compact Disc - Magneto-Optical*), usados para armazenamento de dados software, áudio e vídeo digital. Neste caso, não há limite para o número de vezes que é possível neles gravar informações. A principal tecnologia hoje usada para esses discos é uma mistura tecnológica magnética e ótica, razão pela qual os discos assim produzidos são freqüentemente chamados de "magneto-óticos".

A tendência tecnológica e mercadológica é na direção de discos compactos óticos (ou magneto-óticos) regraváveis, nos quais poderão ser armazenados dados, software, áudio e vídeo digital, com sincronização (caso desejada) entre som e imagem. Esses discos já são tecnologicamente viáveis e estão rapidamente se tornando, também, comercialmente viáveis.

6.1.1.2 - Componentes gráficos

Uma imagem de televisão ou vídeo nada mais é, fundamentalmente, do que um arranjo de pequenos pontos mais ou menos claros ou escuros, ou em diferentes cores, freqüentemente chamados "elementos da imagem" (*picture elements*), ou simplesmente *pixels*, que é uma forma de abreviar a expressão em inglês. A câmera de televisão ou vídeo, para captar uma imagem, a divide ou descompõe, por assim dizer em vários pontos minúsculos realizando uma varredura linear (*raster scanning*) da imagem, da esquerda para a direita, de cima para baixo, começando no canto superior esquerdo da cena enquadrada, passando para o começo da linha seguinte cada vez que chega ao fim da linha anterior, e terminando no canto inferior direito. A

imagem, assim, é varrida sequencialmente, horizontal e verticalmente, ponto por ponto, de modo semelhante ao que normalmente usamos ao ler uma página de texto, começando em cima, à esquerda, terminando em baixo, à direita (Chaves, 1991, p. 130):

Para que a imagem que, originalmente, foi captada por uma câmera de televisão ou vídeo seja reconstituída na tela de um aparelho de televisão ou monitor de vídeo, usa-se o mesmo princípio de varredura. Essa varredura torna possível reconstituir, na tela do aparelho de televisão ou monitor de vídeo, todos os pontos que definem a imagem captada pela câmera. A reconstituição, porém, como a captação da imagem, não se faz de uma só vez: ela é sequencial ou linear, sendo feita ponto por ponto, linha por linha, horizontalmente, da esquerda para a direita, verticalmente, de cima para baixo.

A impressão ou sensação de movimento, na televisão e no vídeo, como no cinema, é causada, como se sabe, pela exibição, em rápida sucessão, de uma sequência de imagens estáticas ou paradas. É, novamente, o fenômeno da persistência visual que opera na representação sequencial rápida de várias imagens isoladas, dando-nos a impressão de que essas imagens se mesclam produzindo conseqüentemente a sensação de movimento.

Cada imagem é chamada de um quadro (*frame*) nesse processo. Para produzir a sensação de movimento natural, no mínimo 16 quadros precisam ser exibidos por segundo. Mas para produzir a sensação do que se convencionou chamar vídeo em pleno movimento (*full motion video*), é preciso ter mais do que isso. No cinema comercial o pleno movimento é padronizado em 24 quadros por segundo. Na televisão e no vídeo, pleno movimento implica a exibição de 30 quadros por segundo, no padrão americano e no brasileiro, e 25 quadros por segundo, nos padrões europeus (Chaves, 1991, p. 133).

A animação pode ser baseada em poses ou baseada em objetos (Tway, 1993, p. 62):

Animações baseadas em poses são criadas desenhando cada pose individualmente como irão aparecer no filme.

Animações baseadas em objeto envolvem a criação e controle de objetos individuais (algumas vezes chamados membros objetos ou objetos) que se movem por um fundo. Este é um tipo comum de animação usado em jogos e software orientado a objeto escrito para o ambiente Windows.

Outro elemento a ser mencionado é a resolução (ou definição). A resolução é geralmente descrita em termos do número de linhas horizontais que podem ser exibidas na tela e do número de pontos que compõem essas linhas.

Considerando somente as resoluções hoje disponíveis nos sistemas de vídeo de microcomputadores da linha IBM(PC ou PS/2), o sistema de vídeo de computador com a melhor resolução para receber uma imagem NTSC digitalizada é o VGA de 640 pontos horizontais por 480. Visto que a resolução de uma imagem de vídeo NTSC é de, no máximo, cerca de 440 pontos horizontais(ou colunas) por 330 pontos verticais (ou linhas), vão sobrar pontos tanto na resolução horizontal (cerca de 200) como na vertical (cerca de 150), quando a imagem NTSC digitalizada for exibida na tela de um monitor VGA. É possível, porém, fazer ajustes e interpolações, que eliminam correspondência entre o número de pontos na imagem analógica, mantendo porém, o mesmo aspecto, 4 para 3, e melhorando a resolução e a qualidade da imagem digitalizada (640/480 e 440/330 produzem o mesmo resultado, da mesma forma que 200/150, os pontos a serem interpolados).

O hardware que controla estes recursos são a placa gráfica e o monitor (que determina a resolução), a memória da placa gráfica (que determina o número de cores que pode-se mostrar, aumentar um pouco a resolução), e uma placa especial chamada placa aceleradora de

vídeo (que determina a velocidade). Veremos a seguir estes componentes, descritos por Tway (1992, p. 31):

- Placa Gráfica e Monitor o padrão gráfico VGA (*Video Graphics Array*) como vimos, é capaz de mostrar 640 pontos (ou "elementos de figura", que são unidades de medida) na horizontal do seu monitor e 480 pontos na vertical geralmente referido como "640 x 480", com 16 cores (ou tons de cinza, se o monitor é monocromático). Embora existam maiores resoluções disponíveis, o padrão VGA mostra imagens muito boas (se não se estiver mostrando fotografias com muitas cores) e vem com a maioria dos novos computadores. Para mostrar imagens em VGA, precisa-se de uma placa VGA e um monitor capaz de mostrar gráficos padrão VGA.

Outra opção que pode ser considerada é um monitor multisync que permite ver imagens usando vários adaptadores gráficos como EGA (*Enhanced Graphics Adapter*, que tem uma resolução de 640 x 350), VGA padrão e Super VGA (que tem uma resolução de 800 x 600). Um monitor multisync é útil especialmente para multimídia em DOS que pode exigir vários tipos de adaptadores.

- Memória Gráfica uma VGA padrão vem com 256 K de memória (presos na placa). Isto limita a que mostre apenas 16 cores. Pode-se não só aumentar o número de cores que o computador pode mostrar para 256, como também a resolução, aumentando a memória na placa gráfica para 512 K (estes gráficos geralmente são chamados de "gráficos estendidos"). Mostrar fotografias com uma resolução de 640 x 480 e 256 cores é ótimo. Acrescentando memória (para um total de 1 MB), pode mostrar-se imagens até melhores com resoluções de 800 x 600 ou 1024 x 768 (também chamadas de "gráficos estendidos") com 256 cores, mas o usuário vai precisar de um monitor capaz de mostrar estas imagens.
- Placa Aceleradora de vídeo uma placa aceleradora de vídeo é uma placa especial que não só controla a resolução e o número de cores que o computador pode mostrar, como acelera a *taxa*

de renovação. Este é o tempo para seu computador repintar uma nova imagem na tela. O uso de uma placa aceleradora de vídeo será plenamente justificada se se estiver trabalhando em ambiente Windows ou se estiver mostrando muitas animações. Sem a velocidade extra, as sequências animadas podem ser muito lentas. Maior velocidade suaviza os movimentos porque as poses que compõem a animação podem ser mostradas mais rapidamente.

6.1.1.3 - Componentes de som

Embora os computadores tenham um chip de som embutido, ele é limitado a uma escala de notas de má qualidade. Isto certamente não é o suficiente. A alta qualidade de som da multimídia precisa da existência de uma placa de som, existindo várias placas para se escolher, dependendo da qualidade de som desejada (Tway, 1993, p. 34).

Para a inclusão de elementos de áudio em multimídia, é importante conhecer alguns dos tipos de formatos disponíveis (Rosenborg, 1993, p. 339):

- **Áudio em Forma de Onda.** - As implicações da utilização do áudio de forma de onda no desenvolvimento de programas multimídia vão muito além da simples transformação do PC num caro gravador digital. Como as formas de ondas são digitais, os sons podem ser manipulados por software; com isto, certos procedimentos que seriam extremamente complexos numa gravação analógica passam a ser relativamente simples num ambiente digital.

Com o áudio em forma de onda, é relativamente fácil reproduzir sequências sonoras ao contrário, retardá-las ou acelerá-las, ou mixar dois sons para produzir um terceiro. Os maiores

benefícios, porém, só podem ser apreciados por quem já tenha editado sons usando um gravador de áudio analógico; para estas pessoas, a edição digital é um sonho que se tornou realidade.

O áudio digital tem a reputação de ser de qualidade extremamente alta e menos sujeito a distorções do que o áudio analógico. Entretanto, seja o que for que aconteça depois que o sinal de áudio foi digitalizado, certos aspectos ligados à qualidade do som devem ser levados em conta, exatamente como acontece no mundo analógico.

Os microfones - que são, em última instância, a fonte básica de todas as formas de áudio em forma de onda - captam as vibrações sonoras do ar e as transformam em sinais eletrônicos analógicos. A histerese (retardo da resposta, tanto mecânica quanto eletrônica) inerente a esse processo introduz as distorções audíveis.

No lado da saída sonora, outro tipo de distorção é introduzido. O processo de sintetização eletrônica de instrumentos musicais não é tão simples quanto a divisão pura e simples de sons em grupos de intensidades harmônicas únicas. As intensidades harmônicas relativas diferem proporcionalmente à frequência dentro da faixa de sons produzidos por um instrumento musical, e também há variações na velocidade de aumento da amplitude (ataque) e na duração de uma nota (sustentação).

Em outras palavras, a reprodução de sons é um procedimento complexo. Em última análise, a qualidade do seu equipamento de áudio - inclusive a placa de som PC- afeta a qualidade do som.

O som é analógico, e os computadores só entendem números discretos. Como é feita a conversão a partir da forma de onda analógica? O método mais comum de conversão a partir da forma de onda analógica é o analógico-para-digital (ADC, *analog to digital conversion*), empregado em todos os tipos de dispositivos de áudio (discos laser, fitas de áudio digital e no Windows Multimídia) é a modulação PCM (*pulse code modulation*).

A modulação PCM tem dois parâmetros: a taxa de amostragem e o número de bits utilizados na amostra. É realizada através da amostragem de uma onda sonora a uma determinada frequência. (dependendo do conversor, a frequência pode atingir vários milhares de amostras por segundo). Cada vez que uma amostra é obtida, a amplitude da onda é medida e armazenada digitalmente (como número). A reconversão para sinal elétrico analógico (correspondendo à onda original) é feita através de um conversor digital-para-analógico (DAC, *digital-to-analog converter*).

Obviamente, este não é um processo trivial em termos eletrônicos - e também não é transparente. São necessários filtros e moduladores de sinal para que a onda produzida tenha o mesmo som da onda captada originalmente. Entretanto, todo este equipamento eletrônico de apoio pode ser colocado em uma única placa de expansão.

Pode-se intuir que quando mais rápida for a amostragem da forma de onda e maior a palavra (conjunto de bits) da mostra, mais fiel será a reprodução. Há um ponto, porém, a partir do qual qualquer melhora está além da capacidade humana de discernir diferenças auditivas. Quanto é o bastante?

A Taxa de amostragem deve corresponder ao dobro da frequência mais alta do som que está sendo captado. Isto é conhecido como "frequência de Nyquist". Se a taxa de amostragem for muito baixa, a onda resultante terá uma frequência muito mais baixa que a original. Para eliminar este problema, quase todos os digitalizadores de som filtram as frequências que estejam acima da metade da taxa de amostragem. Na reprodução, os conversores digital-para-analógico produzem sobretons, compostos de frequências mais altas que a metade da taxa de amostragem; estas frequências também devem ser filtradas.

O ouvido humano pode discernir sons até 20 KHz; portanto, a taxa de amostragem ideal estaria em torno de 40 KHz. A taxa de amostragem de 44,1 KHz produz uma grande

quantidade de dados e é excessiva para gravar somente a voz humana (cuja frequência fundamental está em torno 1 KHz). Portanto, muitos aplicativos podem funcionar satisfatoriamente com uma taxa de amostragem muito mais baixa.

O segundo parâmetro da modulação é o tamanho da amostra, que determina a diferença entre o som de menor volume e o som de maior volume que podem ser gravados e reproduzidos.

Com um tamanho de amostra de 8 bits, a razão entre a maior e a menor amplitude é de 256, o que corresponda 48 decibéis. Uma faixa dinâmica de 48 decibéis corresponde, aproximadamente, à diferença entre o limiar auditivo e o limiar da dor. Os discos laser usam amostras de 16 bits, que também podem ser usadas no Windows Multimídia.

Em suma, um PC multimídia com configuração mínima pode fazer a amostragem de sons a 11.025 KHz usando 8 bits por amostra reproduzi-los a 11.025 ou 22.050 KHz também com 8 bits por amostra. O Windows também permite outras taxas de amostragem e tamanhos de amostra até o limite de, respectivamente, 44.1 KHz e 16 bits.

Não é possível obter sons com qualidade de CD usando arquivos de formas de ondas captadas a uma baixa taxa de amostragem e reproduzidas num PC multimídia com configuração mínima. Por outro lado, se o objetivo do usuário é economizar espaço e ele pretende somente reproduzir vozes, as taxas mais baixas serão mais que suficientes.

Ao usar o áudio de formas de onda, o usuário tem que optar entre alta fidelidade ou arquivos pequenos. Se o usuário opta por alta fidelidade, talvez deva considerar áudio Redbook.

- *Áudio Redbook* .- É o áudio com qualidade de CD. É com base nesta especificação que os CDs comerciais são produzidos e distribuídos. Não é conveniente escolher este formato se o usuário mesmo for produzir as seqüências de áudio, a não ser que ele saiba como operar um

estúdio de gravação de alta fidelidade e tenha um orçamento à altura. Os equipamentos necessários para gravar e processar arquivos de áudio digital em padrão Redbook são de altíssima qualidade profissional e devem ser operados por um engenheiro especializado.

As taxas de varredura e os parâmetros de filtragem necessários para obter áudio digital de alta fidelidade são especificados em termos técnicos de engenharia. Os engenheiros de gravação devem fazer com que os seus equipamentos de gravação digital produzam sinais compatíveis com estas especificações. As especificações também definem os parâmetros de disposição das trilhas para que os toca-discos CD mantenham um nível regular de reprodução. Isto inclui uma especificação referente à sensibilidade do disco ao deslocamento radial de uma cabeça de leitura. Outros parâmetros especificados são a tolerância a defeitos óticos, o nível de ruído induzido entre trilhas adjacentes e a taxa de erros aleatórios de leitura. É preciso, ainda, consultar as especificações com relação às áreas do disco que devem ser reservadas para o intervalo de entrada, programa e intervalo de saída. Isto é feito para permitir que as cabeças de leitura tenham espaço suficiente para sintonizar adequadamente o sinal.

Em termos digitais, o áudio Redbook é gravado na forma de palavras de 16 bits usando um esquema CIRC de detecção de erros o qual é baseado em complemento de 2 e bit menos significativo. As áreas de entrada e saída também consistem de palavras de 16 bits em complemento de 2. A frequência de amostragem é 44,1 KHz. Os sinais de áudio são gravados em 2 canais em formato linear.

Em suma, deve-se escolher o áudio Redbook quando se quiser obter a maior fidelidade possível. Para esta opção, os aplicativos terão que ser distribuídos num disco de CD-ROM ou incluir um CD-ROM contendo as seqüências de áudio. Os arquivos são extensos demais para serem armazenados em disquetes. A opção pelo áudio Redbook também significa que se terá que usar um estúdio profissional de gravação equipado com equipamentos digitais de alta

fidelidade. Esta é a alternativa mais cara, mas também é a que permite a inclusão de sons de altíssima qualidade nos aplicativos

- *Áudio MIDI* .- Charles Petzold, o editor da revista PC Magazine (Rosenborg, 1993, p. 343) já produziu inúmeros artigos sobre a multimídia do ponto-de-vista do programador. Aqui está uma sinopse do que ele tem a dizer sobre os aspectos técnicos do padrão MIDI:

MIDI é a base para a criação de música eletrônica em microcomputadores. A forma mais simples de explicar o que isto significa é observar como os componentes MIDI são configurados para as operações de multimídia: um teclado (compatível com MIDI) é usado para gerar mensagens "musicais" especificando quando cada tecla é pressionada (*note on*) ou liberada (*note off*). Essas mensagens digitais são enviadas para a placa de som para serem, eventualmente transformadas em sons.

Na prática, o teclado funciona como uma interface MIDI, embora ele possa não produzir qualquer som. O PC funciona como sintetizador e seqüenciador. Como sintetizador, ele possui o software para transformar as mensagens MIDI em ondas sonoras. A placa de som transmite essas ondas para fones de ouvido ou para um amplificador, na forma de sinais analógicos. Pode-se usar qualquer placa de som que possua software MIDI. (Lembre-se que o protocolo MIDI é apenas um tipo especial de fluxo de bytes).

Os vários tipos de sons que um sintetizador pode produzir são chamados de vozes. No que concerne à multimídia, as vozes são pequenos programas executados pelo software MIDI. Se o sintetizador for polifônico, pode tocar acordes no teclado, gerando múltiplas mensagens *note on*. Não é necessário, porém, usar um teclado para produzir arquivos MIDI. O teclado, da mesma forma que um seqüenciador, é apenas um dispositivo de controle; e, exatamente como um seqüenciador, o PC pode-se ler ou armazenar uma série de mensagens MIDI enquanto a música está sendo executada.

O padrão MIDI é completamente diferente dos padrões de áudio em forma de onda e Redbook descritos anteriormente. MIDI é um protocolo para a transferência unidirecional de comandos digitais - nenhuma onda, seja analógica ou digital, é transmitida. O que passa pela fiação são pequenas mensagens digitais, geralmente com um a três bytes de comprimento.

6.1.1.4 - Hardware útil para o desenvolvimento de programas multimídia

Para desenvolver programas multimídia, se precisará de hardware extra. A seguir, alguns componentes que serão úteis (Tway, 1993, p. 39):

- **Placa Capturadora de Vídeo.** - Permite capturar uma imagem gráfica e gravar como um arquivo. Basicamente, existem dois tipos de placas capturadoras de vídeo. O primeiro captura somente uma pose e portanto não envolve imagens em movimento. Porém, podem ser capturadas poses em sequência e mostrá-las em uma sequência rápida para simular movimento. Este tipo de movimento é a base de quase toda a animação usada em multimídia. A fonte para as imagens pode ser um videocassete ou outra câmera de vídeo que esteja conectada na placa capturadora de vídeo do computador.

Ajudando neste processo está o monitor de vídeo (conectado à placa de vídeo) que permite ver as imagens de vídeo ao vivo enquanto se faz a captura. Geralmente, o processo captura uma imagem como esta aparece no momento, para logo ser gravada como um arquivo. Uma variação deste processo de captura envolve uma câmera e uma placa de vídeo que não estão conectadas entre si. A câmera possui um pequeno disquete, no qual as imagens capturadas são gravadas. Usando um dispositivo conectado à placa especial de vídeo do

computador pode-se copiar este arquivo de imagens. O disquete da câmera pode ser usado várias vezes.

Outro tipo de placa capturadora de vídeo permite capturar vídeo em movimento (usando uma câmera de vídeo como videocassete e um monitor para observar a imagem durante a captura), e gravar o videoclip como um arquivo. Obviamente, isto envolve uma grande capacidade de armazenamento - 10 MB ou mais (em formato comprimido) por cada minuto de gravação. Este tipo de imagens são mais impressionantes que a animação padrão porque as imagens são reais e impressionam ao serem vistas na tela de um computador.

- Câmera é útil para capturar imagens de vídeo .- paradas ou em movimento. Os formatos mais comuns de vídeo são RGB (*Red, Green and Blue*), NTSC e PAL (*Phase Alternate Line*, o padrão fora dos Estados Unidos e Japão). O tipo mais comum de câmera usado para capturar imagens para o computador é o do videocassete normal, e este usa o formato NTSC. Seja qual for a câmera que se deseje conectar ao computador , é necessário de uma placa de vídeo compatível para ler os sinais da saída da câmera. Uma placa de vídeo também comprime as imagens de vídeo para um armazenamento mais eficiente.
- Monitor de Vídeo.- é usado para ajudar a capturar as imagens, e é ligado à placa de vídeo. Pode reconhecer sinais RGB, NTSC ou PAL, mas deve ser compatível com a câmera e placa de vídeo. O monitor permite que o usuário observe as imagens ao vivo enquanto a estiver capturando para o seu computador.
- Scanner.- é um periférico que permite capturar fotografias ou desenhos. Isto produz uma imagem digitalizada do original, que pode ser gravada em vários formatos gráficos. Um scanner de mesa é usado quando se precisa capturar grandes imagens. Scanners de mão capturaram pequenas imagens.

Um scanner também é útil quando se planeja entrar com textos muito grandes e não ter que datilográ-los de novo. Para usar um scanner no reconhecimento de textos, porém, é necessário um tipo de software especial chamado *Optical Character Recognition*, ou OCR. Este software reconhece o texto como palavras ao invés de pontos “sem nexos”.

- Microfone.- qualquer microfone típico será útil, especialmente aqueles com gravação estéreo de alta qualidade.
- Telas Sensitivas e Canetas.- Permitem tocar a tela ao invés de usar o mouse ou teclado para fornecer respostas ou pedidos. Telas sensitivas são úteis em áreas sem muito espaço. São de simples uso e são melhores que um teclado porque não se precisa desviar os olhos do monitor para fazer uma escolha qualquer. Alguns computadores permitem usar uma caneta para tocar na tela. Vários sistemas usam programas especiais de reconhecimento de caracteres para interpretar a escrita ou impressão que foi feita usando uma caneta. Se a aplicação pode se beneficiar de uma tela sensitiva ou entrada de dados por caneta, a mesma deve ser empregada.
- Interface SCSI.- quase todo componente discutido até aqui, vem com uma placa que precisa ser instalada no computador. Se o computador tem um número limitado de acomodações para estas placas; pode acontecer de o microcomputador ficar sem slots disponíveis. Neste caso será útil pelo menos um componente que tenha uma interface SCSI (*Small Computer System Interface* é e pronunciado “scuzzi”). Usando uma interface SCSI, vários dispositivos de hardware podem ser conectados no computador em cadeia. Isto pode realmente economizar espaço nos slots do computador. Se nenhuma das placas tem uma interface SCSI, pode ser útil uma interface em separado, que será conectada na porta paralela, a qual serão conectados os dispositivos extras.

6.1.2 - Requisitos de software

Programas rodando em DOS precisam de menos memória mas não são graficamente orientados como aqueles rodando em Windows. Software para Windows precisam de mais memória, maiores capacidades gráficas, uma grande velocidade por parte do computador, sendo extremamente adaptados para multimídia. Programas rodando em Windows são multiprocessados, o que é um recurso muito conveniente para desenvolver programas multimídia, como será discutido mais adiante.

A seguir, iremos explorar os vários tipos de software associados ao desenvolvimento multimídia. O hardware necessário deve ser compatível com o software.

6.1.2.1 - Software necessário para rodar multimídia

Não se precisa de muitos softwares para rodar multimídia. Para programas em ambiente DOS, só precisa-se da versão de MS-DOS mais nova possível. Programas para Windows precisam das versões especificadas do DOS e do Windows.

Para rodar multimídia em Windows usando o padrão MPC, precisa-se (além do DOS) de uma versão do Windows que tenha capacidades multimídia. Pode ser Windows 3.1 que já tem embutido capacidades multimídia, ou também o Windows NT, com suporte Multiusuário. Estas extensões permitem configurar o Windows para o hardware exigido pelo padrão MPC, como componentes de som, vídeo e um joystick.

6.1.2.2 - Software Necessário para desenvolver

MULTIMÍDIA

Na maioria dos casos, programas multimídia são livros computadorizados mais interativos do que seus equivalentes em papel. Por causa disso, o software usado para desenvolver multimídia é geralmente chamado de software “de criação”.

A maioria de softwares de criação permitem incorporar todos os recursos da multimídia, textos, gráficos, animação e som. Como qualquer outro tipo de software, os vários pacotes de multimídia tem seus pontos fortes e fracos, já que alguns pacotes são melhores para certos objetivos que outros. Por exemplo, alguns softwares de criação têm capacidades de procura e junção de texto com poderosos e flexíveis recursos hipertexto, mas pouquíssimos recursos de animação. Este tipo de software é melhor para textos grandes que não precisam de muita animação. Outros softwares têm ótimos recursos gráficos e são melhores quando se deseja incorporar várias figuras e animações.

A função do software de criação ou “ferramenta” é incorporar os vários componentes da multimídia. As ferramentas de criação são tipicamente muito grandes, necessitando de muito espaço em disco. A maioria dos softwares de criação possuem um jeito para criar os vários tipos de componentes para um programa multimídia, como textos gráficos, animações ou som.

Um pacote de software para suporte é destinado a um só tipo de tarefa. Por exemplo, um pacote de software para desenho é usado somente para criar ou modificar uma imagem gráfica. Por causa disto, ele é capaz de produzir uma imagem gráfica muito melhor do que a que se pode criar, usando as capacidades limitadas de desenho de um software de criação. Um exemplo análogo é um pacote de software “integrado” (como o “Microsoft Works”) que combina

editor de textos, planilha com capacidade para manipulação de banco de dados no mesmo programa. Softwares integrados realizam bem estas tarefas, mas um software devotado inteiramente à edição de textos (como o Word Perfect ou Microsoft Word) tem muito mais capacidade que o integrado. Similarmente, programas de criação de vários recursos multimídia, mas programas devotados a cada um desses recursos podem em particular produzir resultados bem melhores (Tway, 1993, p. 56).

É importante entender que um dos melhores recursos é juntar estas várias formas de informação em somente um pacote muito iterativo, coerente e usando elos multimídia ou hipermídia. Outro fato importante é que não se necessita ser um ótimo programador para desenvolver tais aplicativos. Em programas de criação, esta tarefa pode ser muito difícil de ser realizada e necessitar do uso de linguagens de programação muito complexas. Muitos programas de criação têm uma linguagem especializada ou “embutida”, que é bem mais fácil para não-programadores aprenderem e entenderem. Mas, na maioria dos programas de criação, não é nem necessário usar estas linguagens para desenvolver um sistema multimídia simples.

Vamos discutir a seguir as categorias de software de criação e de suporte (Tway, 1993, p. 57):

SOFTWARE DE CRIAÇÃO

É o ambiente de programação, a parte da ferramenta de criação que permite ao criador usar a linguagem embutida para controlar a operação da aplicação multimídia.

A maioria das ferramentas de criação permitem construir um programa multimídia simples, sem ter que se entrar com nenhum comando de programação, não sendo, inicialmente necessário empregar a linguagem embutida. Eventualmente, pode ser útil de controlar algumas

operações usando a linguagem embutida, porque ela permite grande flexibilidade e poder. Algumas ferramentas de criação têm “debugadores” que ajudam a achar erros.

Um “sistema de execução” é outro recurso útil. Ele permite que o programa multimídia criado seja rodado em outros computadores que não têm o pacote de criação completo. Isto é especialmente importante se planeja-se distribuir ou comercializar os programas multimídia criados.

TEXTO

Texto é o recurso básico de qualquer programa multimídia. Há várias capacidades envolvendo texto que devem ser compreendidas ao selecionar o programa de criação. As principais são discutidas a seguir:

- **Hipertexto.**– Muito do elo iterativo na multimídia depende do uso de hipertexto, às vezes chamado de “palavras aceleradoras”. Isto quer dizer que se desejamos mais informação sobre uma palavra ou frase em particular, podemos selecionar aquela palavra (geralmente com o mouse) e abrir uma janela com texto adicional (ou gráficos ou som) explicando-a. O criador deve poder definir o texto que irá agir como acelerador e ligar este texto à informação adicional. Geralmente, palavras aceleradoras são diferenciadas, de alguma forma, de outros textos mostrados na tela. Usa-se uma fonte ou cor diferente, ou o mouse pode mudar para um símbolo diferente quando movido sobre a palavra aceleradora. Isto é feito para facilitar a identificação das palavras que tem elos com mais informações.

Ao desenvolver um programa multimídia que possui muito texto (como um manual), deve-se escolher um pacote de criação com bons recursos de hipertexto.

- **Hipertexto automático.**- Alguns programas de criação tem um recurso chamado hipertexto automático. Com esta facilidade , o criador não precisa definir ou marcar textos que têm elos associados. Ao invés disto, o programa reconhece aqueles que têm informação associada e automaticamente mostra essa informação. El criador pode por tanto economizar muito tempo ao construir uma aplicação porque o programa cria automaticamente elos hipertexto.
- **Estilo de texto.**- Outro elemento principal de um eficiente programa multimídia é o projeto da tela. Pode envolver textos de várias cores e tamanhos como também o tipo de fonte usado. Um bom pacote de criação deve ter vários tipos de estilos de texto. Ferramentas de criação para Windows geralmente oferecem uma grande variedade de estilos de texto.
- **Procura de texto.**- Procura de texto é um recurso útil que permite entrar uma palavra (ou escolher uma lista) em um programa multimídia e rapidamente achar informação associada com esta palavra. É equivalente a procurar uma palavra no índice de um livro, e então indo para a página ou páginas indicadas para maiores informações. Porém, esta etapa é muito mais rápida em um programa multimídia. Algumas ferramentas de criação possuem capacidade de procura mais flexível e potente que outras.
- **Importação e exportação.**- Algum texto que queira-se juntar ao programa multimídia pode já existir em um arquivo criado por um editor de textos, ou pode querer-se importar dados de um arquivo de banco de dados. Se deve ter a certeza de que o pacote de criação permite importar arquivos de texto e dados de outros programas. Vários pacotes permitem importar texto de programas como Word Perfect ou Microsoft Word, e arquivos de dados como o dBASE, Clipper, FOX-BASE, etc. Quase todos podem ler arquivos texto ASCII. ASCII é a sigla de *American Standard Code for Information Interchange* e é um formato de texto padrão que permite vários computadores e programas trocarem informações. Analogamente, é preciso considerar também o recurso de exportação de informação do programa multimídia para uso em outros pacotes.

GRÁFICOS

Gráfico é outro recurso básico de um programa multimídia. O termo “gráfico” é usado aqui para significar imagens paradas como fotografias e desenhos. Programas para Windows são, por natureza, graficamente orientados, e são melhores que os programas para MS-DOS sob este aspecto. Alguns dos tópicos mais importantes o assunto, são (Tway, 1993, p. 61):

- Ferramentas de desenho integradas a maioria desses programas têm capacidade para criar imagens gráficas. Estas imagens são desenhadas usando o *mouse* e vários objetos como linha, círculos e polígonos com várias cores disponíveis. Geralmente, o gráfico resultante é simples, o que mas pode ser útil em programas que não necessitem de imagens muito sofisticadas.
- Inclusão de Desenhos os desenhos incluídos constituem uma coleção de imagens simples, como um avião, máquina de escrever, flor ou telefone, que podem ser usadas na aplicação como uma imagem parada ou para melhorar uma animação. Vários pacotes de criação possuem uma biblioteca de desenhos incluída. Isto é muito útil se não se conta com um scanner ou outras maneiras de trazer gráficos para dentro do computador.
- Importação de gráficos imagens gráficas realmente boas podem ser construídas utilizando-se pacotes específicos. Fotografias podem ser capturadas usando um Scanner.

O pacote de criação deve ser capaz de importar imagens em pelo menos alguns formatos padrões, como .PCX, .BMP e .GIF.

- Resoluções suportadas uma boa imagem gráfica linda e de alta resolução, é inútil se o programa de criação não suportar esta resolução. Alguns softwares não conseguem mostrar resoluções maiores do que 640 x 480 pontos. Outros não podem mostrar mais de 16 cores. A maioria irá suportar imagens em padrão VGA. Se imagens de altíssima qualidade são importantes no programa, deve ser fornecido um pacote de criação que suporte gráficos de alta resolução com

256 cores. Se o programa irá rodar em diferentes adaptadores gráficos, deve-se ter a certeza de que o programa de criação é capaz de suportar várias resoluções.

ANIMAÇÃO

- Ferramentas integradas de animação.- Embora a maioria das ferramentas de criação suportem o uso de animação, nem todas tem a facilidade que permite criar um arquivo de animação. Algumas necessitam criar arquivos de animação usando um outro programa ou até mesmo um outro tipo de computador. Além de não ser prático, problemas de compatibilidade podem ocorrer. Ao planejar incorporar animação na aplicação, deve-se escolher uma ferramenta que permita criar essa animação dentro do próprio programa. Até mesmo quando se usa outro pacote para produzir animações de melhor qualidade, uma ferramenta integrada de animação pode ser útil na medida em que facilita o aprendizado dos conceitos básicos relativos a esta técnica.
- Clips de Animação.- Clips de animação são, literalmente, desenhos incluídos animados. Vários pacotes de criação possuem uma biblioteca de clips de animação que podem ser incorporados a aplicação.
- Importação de Arquivos de Animação.- Como com arquivos gráficos, ao se querer criar animações de maior qualidade que a permitida pela ferramenta de criação, devemos verificar se o programa permite importar esses arquivos. Formatos comuns incluem .FLI e .FLC. Ao importar imagens paradas para construir animação, o software de criação deve poder importar essas imagens e suportar resolução e cores, para que a resolução e as cores dos arquivos de animação sejam apresentadas com fidelidade.

- **Capacidades de Reprodução e Gravação.** - A ferramenta de criação deve permitir controlar como a animação é gravada e reproduzida na tela. Exemplos do tipo de controle são a velocidade de reprodução (que também é afetada pela CPU e o suporte gráfico do computador empregado) e a direção do movimento. Outras opções são a capacidade de “pausa” e a de “reproduzir novamente” a sequência de animação.
- **Efeitos de transição** animações podem ser mais interessantes se são melhorados com efeitos de transição tal como *fade-in*, *fade-out*, *layering*, *zoom* e rotação de objetos.

SOM

Ao incorporar narração, música ou outro efeito sonoro na aplicação, o pacote de criação deve possuir capacidades de som e controle para gravar e reproduzir. Alguns softwares permitem escolher o nível de fidelidade ao capturar som usando vários tamanhos e amostragens. Ao empregar narração ou efeitos sonoros em que a qualidade do som não é uma prioridade, as capacidades de som do programa não são tão importantes. Boas gravações musicais precisam de maior tamanho ou amostragem. Alguns softwares de criação têm um utilitário de conversão que permite alterar a amostragem desses arquivos. A maioria dos arquivos de som usam os formatos .WAV (para som no Windows), .MID (para arquivos MIDI), .VOC ou .INS e, geralmente, são ligados à sequências de animação. Outro recurso importante é uma biblioteca de clips que incorporem efeitos de som, músicas e narração que possam ser usados na aplicação.

ELOS ITERATIVOS

Elos iterativos possibilitam as conexões que permitem acessar informações adicionais, como foi discutido anteriormente ao introduzirmos o conceito de hipertexto. Elos semelhantes

podem conectar gráficos, animação ou som. Elos iterativos, as vezes chamados de *hiperlelos*, são provavelmente o mais importante recurso de um software de criação porque permitem a iteração natural da multimídia. O termo navegação refere-se ao caminho escolhido pelo usuário enquanto progride pela aplicação multimídia.

A maioria dos pacotes de criação usam uma função de “marca” que permite retornar a tela anterior a um ponto inicial. Alguns possuem ligação automática como o hipertexto automático discutido anteriormente.

SOFTWARE DE SUPORTE

Alguns softwares realizam tarefas que não são encontradas em softwares de criação, como por exemplo, reconhecimento ótico de caracteres (OCR). Na criação em multimídia usam-se vários softwares adicionais para produzir arquivos que serão incorporados em um programa. Na tabela 3 estão alguns tipos de softwares de suporte que devem ser considerados, (tabela 3), (Tway, 1993, p. 66):

Tabela 3: Software de Suporte Útil Para Desenvolver Programas Multimídia

TIPO DO SOFTWARE	FUNÇÃO
Editor de textos	Escreve textos.
Programa de Scanner	Captura de imagens gráficas ou textos.
OCR	Interpreta caracteres capturados como texto.
Captura de tela	Captura imagens da tela do computador.
Programas de conversão	Converte formatos gráficos.
Programas de pintura/desenho	Cria e modifica imagens gráficas.
Exemplos “incluídos”	Traz exemplos de gráficos, animações e som
Animação/som	Cria animação e som
Comunicação	Troca informações com outros usuários, traz software gráfico de domínio público

Fonte : Tway (1993, p. 66)

6.1.2.3 - Outros Programas com Capacidades Multimídia

Programas de criação não são o único tipo de software usado para desenvolver programas com capacidades multimídia. Existem vários outros pacotes que possuem elos hipertexto que permitem mostrar imagens gráficas. Por exemplo, se se precisa desenvolver uma aplicação que tem suporte a decisões, devem ser definidas certas regras dentro do programa. O knowledge Pro é uma ferramenta para desenvolvimento de sistemas, útil para construir suporte a decisões que necessitem de hipertexto e capacidades multimídia. O Visual Basic é outro pacote que permite desenvolver programas usando a linguagem Basic, e podendo mostrar gráficos.

Software de apresentação é usado para mostrar informações na forma de gráficos, tabelas e diagramas (geralmente para encontros de negócios ou apresentações orais). Este tipo de software tem se tornado cada vez mais orientado à multimídia. Vários destes pacotes agora incorporam animação e som. Exemplos são o Harvard Graphics, Aldus Persuasion e Freelance Graphics.

Finalmente, vários dos pacotes de software padrões, como planilhas e banco de dados, estão agora incorporando capacidades multimídia. O sistema de ajuda do Lotus 1-2-3 é baseado em multimídia. Vários pacotes de software incorporam gráficos, animações e até som, não existindo mais uma separação clara entre programas de criação para multimídia e outros programas usados para tarefas diversas.

6.1.2.4 - Desenvolvimento de Software e Multiprocessamento

Como consequência da discussão sobre software de suporte, subentende-se que, muitas vezes se usam muitos pacotes de software para desenvolver uma aplicação multimídia. O MS-DOS é um ambiente de processamento simples que permite que se use somente um programa de cada vez. Por causa disto, muito tempo é perdido rodando e saindo dos diversos programas. Por exemplo ao capturar uma fotografia usando o programa de scanner, essa imagem é gravada. Para poder rodar o programa de pintura que permite cortar e adicionar textos na imagem e depois testar o programa multimídia chamando a imagem que se acabou de consertar temos que “entrar e sair” dos diferentes aplicações. Toda esta troca de um programa para outro consome muito tempo.

Esta é uma das razões da conveniência do uso de ambiente Windows. Usando programas para Windows, pode-se carregar os programas de criação, pintura e scanner na memória. Cada um aparece como uma ícone pequena na tela. “Clicando” em ícones diferentes, o usuário pode trocar entre programas para suas várias tarefas, já que o Windows é um programa orientado a eventos.

6.2 - Telemática

Um dos desafios mais interessantes no campo das comunicações é o da conexão de computadores e outros dispositivos situados a grandes distancias com o objetivo de transmitir informação e controlar distintos processos.

A conexão a distância pode realizar-se mediante os seguintes caminhos:

- Por meio de enlaces de rádio
- Mediante linhas físicas, como telefônicas, cabos coaxiais e fibras óticas.

Em qualquer caso será necessário a interposição de um dispositivo, que se encarregue de adaptar a comunicação ao meio correspondente, entre o computador e o elemento de comunicação empregado.

Assim, o computador, que baseia seu funcionamento na eletrônica digital, necessita adaptar-se às características da transmissão da linha telefônica (frequências audíveis entre 300 e 3400 Hz.), ou aos sinais de áudio.

Esta função é realizada pelo **MODEM** (**MOD**ulador/**DEM**odulador), que no caso dos correntemente utilizados para linhas telefônicas têm alcançado grande difusão devido, sobretudo à popularidade das BBS públicas (*Bulletin Board Service*). Os MODEM utilizados para enlaces radiofônicos (TNC), mais complexos e avançados que os anteriores, levam incorporados microprocessadores que se ocupam do tratamento de erros, compressão de dados e adaptação automática ao entorno.

Com relação aos enlaces telefônicos, apesar do grande atrativo que representam, não são adequados, em princípio, para os fins a que nos propomos neste trabalho por diversas considerações (Artez, Gomez, Garcia, 1992, p. 123):

- Os modems são mais caros e estão menos popularizados.
- O custo do equipamento, por ter que incluir a antena e a emissora com sua fonte de alimentação, encarecem consideravelmente o posto de trabalho.

- Finalmente, outra consideração a se levar em conta, é a dispersão geográfica dos alunos e a necessidade de contar com a respectiva licença oficial para emitir.

Nas comunicações que utilizam o suporte telefônico se empregam duas técnicas diferentes em seu conceito:

- Técnicas de comutação por pacote, e
- Técnicas de comutação de circuitos.

A comutação por pacotes consiste na recepção, armazenamento e posterior transmissão de quantidades normalizadas de dados (pacotes), que ao passar por cada um dos nós que compõem a rede de dados, são processados e retransmitidos ao nó seguinte ou ao destinatário.

Esta técnica é empregada principalmente para a transmissão de informação e mensagens na qual a mensagem é decomposta em um número variável de pacotes de tamanho predeterminado. Esta técnica é a adotada por quase todas as redes importantes de transmissão de dados entre as que se encontram: Tymnet, Telenet, Arpanet, Datapac (USA), Arpac (Argentina), Euronet (Europa), Brasnet (Brasil) e Iberpac (Espanha).

Mediante a técnica de comutação de circuitos, um circuito físico direto é estabelecido entre o terminal que chama e o terminal que é chamado. A única tarefa da rede de dados consiste em estabelecer a conexão direta e permanente entre os terminais, ficando a responsabilidade da transmissão para os próprios terminais conectados, que decidirão o código e protocolo de comunicações a ser utilizado.

Este tipo de redes de transmissão são as redes do futuro porquanto permitem a transmissão de voz e dados de maneira simultânea, e suas limitações de velocidade de transmissão de dados vêm estabelecidas pela qualidade da linha telefônica, em constante processo de melhoria.

O uso elementar deste princípio de transmissão é o que popularmente foi desenvolvido mediante BBS, integrada em diferentes redes de comunicações e entre as quais se encontram a Fidonet e outras de âmbito mundial.

6.3 - Ergonomia de software MEC

Desde o advento dos microcomputadores que se dá em informática uma importância crescente ao que se denomina "amigabilidade", condição especial que denota um esforço particular por parte do projetista de um programa para fazer fácil e poderosa a forma como o usuário e o programa se comunicam. Não se trata só de que um programa faça as coisas bem, eficiente e eficazmente, e sim que o usuário se sinta a vontade interagindo com ele. Cada dia surgem mais e melhores dispositivos de intercomunicação, cada vez mais poderosos, controláveis facilmente pelo usuário. É possível não se aproveitar esta possibilidade quando se trata de fazer e usar programas que se dediquem a apoiar o processo de ensino aprendizagem? Que ferramentas existem, desde a perspectiva teórica e prática para realizar esta tarefa?

6.3.1 - Fundamentos para o projeto de interfaces homem-máquina

“A memória humana não é uma função monolítica. Muitas diferentes classes de processos são envolvidos e temos ao menos três diferentes classes de tipos de memória: memória sensorial

(MS), memória de curto termo (MCT) e memória de longo termo (MLT). A designação de memória de 'curto termo' é usada para denotar a capacidade para recordar informação apresentada no curto período de tempo prévio. A memória de curto termo não deixa informação gravada na mente de forma permanente" (Fishler, 187, p. 36).

A memória sensorial recebe a informação e a mantém por períodos de tempo muito curtos.

Uma pequena parte dessas informações é armazenada na memória de curto termo (MCT) - ou de trabalho - que tem pequena capacidade de armazenamento mas desempenha papel fundamental em atividades de conversação e raciocínio, entre outras, sendo continuamente acionada. Nela o esquecimento se dá pela substituição por novos ítems.

Tem-se discutido muito o tamanho da MCT. Considerou-se por longo tempo que o tamanho do palmo mnésico era uma medida do tamanho da MCT. Diz-se que o número de elementos isolados (algarismos ou letras que não formem uma seqüência significativa) é de seis a sete em média em um adulto.

Assim por exemplo, o Dr. Miller (1956), num célebre artigo, relatou que a memória de curto prazo humana parece ser limitada a cerca de 5 a 9 ítems de cada vez. (a menos que uma pessoa tenha sido ensinada a usar truques de memória de listas encadeadas). Miller (1975) acrescentou a esse trabalho um documento, em que reconsidera o assunto, afirmando que, em vez de sete mais o menos dois, seria melhor a visão de três "blocos" de até três ítems cada um.

A capacidade pura da MCT é geralmente da ordem de três a cinco ítems, como afirma Broadbent (1975). Quando se mede o palmo em contínuo, por exemplo apresentando uma longa série de elementos e solicitando ao indivíduo, em um instante qualquer, que relacione todos os últimos elementos de que ele se recorda, o número de elementos lembrados varia de 3 a 5 (Richard, 1993, p. 32).

A noção de MCT foi progressivamente abandonada dando lugar à de memória de trabalho (MT). A diferença é que esta última é concebida como um sistema que realiza o armazenamento e o tratamento. Pode-se aumentar a capacidade de retenção ocupando o sistema de tratamento com atividades que, como a revisão mental, favorecem a manutenção da informação na memória: este é o caso da situação de medição do palmo. Se, ao contrário, o sistema de tratamento for ocupado com outras atividades, então a capacidade de retenção é diminuída.

Baddeley e Hitch (1974) precisaram a noção de MT. É a esta concepção que se faz referência geralmente: nós a apresentamos brevemente. A MT tem dois componentes: o *anel articulatório* e o *processador central* (Richard, 1993, p. 32).

O *anel articulatório* assegura a função de armazenamento: opera de modo automático e mantém na memória um número de itens da ordem de três. O *processador central* pode aumentar a capacidade de retenção pela repetição mental desde que ele não se ocupe de uma outra tarefa.

Esta concepção se apóia sobre o fato que a compreensão de frases não é perturbada por uma tarefa anexa de memorização de algarismos na condição de que o número de elementos a memorizar não passe de três: Esta teoria explica o porque do *palmo mnésico* de 7 elementos quando o indivíduo tem a possibilidade de repetir a lista desde o seu início, e da ordem de 4 elementos quando isto é impossível.

Por detrás de um processo de comunicação deve haver, quando menos, três ingredientes: percepção, processamento e interação. A primeira foi estudada pelos psicólogos da GESTALT (Galvis, 1992, p. 263), destacando-se a idéia de que a percepção, se é relativa (cada qual recebe a realidade desde a perspectiva de seu campo vital), também é seletiva (se percebe o que se lhe interessa e se pode focalizar).

A existência de uma memória icônica foi evidenciada por Sperling (1960) e por Averbach e Coriell (1961). Há muito tempo já existe a preocupação de se medir o *palmo*

perceptivo, ou seja o número de elementos susceptíveis de serem apreendidos em uma só fixação e, portanto, sem exploração ocular. Essa capacidade de apreensão pode ser estimada como 9 (Richard, 1993, p. 33).

A informação é armazenada provisoriamente dentro de uma memória sensorial antes de ser identificada e codificada; o resultado desta operação é transferido para a memória de trabalho onde pode ser eventualmente o objeto de uma repetição mental, que lhe assegura uma melhor conservação.

A informação armazenada na memória sensorial é muito vulnerável: no caso de uma informação visual, após 300 ms há uma degradação importante. Para uma informação auditiva, a duração do armazenamento parece um pouco mais importante.

Uma noção vizinha desta memória de trabalho é aquela de memória operacional (MO) Bisseret (1970), Spérandio (1975 , 1988). Esta noção foi introduzida para dar conta do fato de que, na realização de uma tarefa significativa, a memorização é extremadamente dependente dos objetivos da tarefa e traduz a idéia de que a memória é estruturada pelas exigências da tarefa a cumprir. Refere-se à memorização de informações transitórias ligadas à realização da tarefa.

É preciso sublinhar, no entanto, que esta noção não se situa no mesmo nível da noção de memória de trabalho(MT) ou da memória de longo termo (MLT). Estas últimas referem-se à estrutura da memória e pode-se razoavelmente pensar que, a esta distinção, correspondem mecanismos fisiologicamente e eventualmente mesmo anatomicamente distintos. Pelo contrário, a noção de MO é uma noção puramente funcional: descreve estados da informação memorizada, não é uma nova estrutura de memorização com mecanismos próprios. Pode-se considerar o conteúdo da MO como sendo constituído da informação contida na MT e da parte da MLT que está ativada, a qual é constituída pelas informações utilizadas na tarefa. A repetição mental torna-

as disponíveis da mesma forma como se elas estivessem na MT. A MO ultrapassa, portanto, de longe, as capacidades da MT.

O mecanismo que faz com que uma informação permaneça disponível, utilizada é muito plausivelmente, um mecanismo de ativação, característico da MLT. Além disto, provavelmente, o efeito benéfico da revisão mental da informação na memória é devido ao uso de mecanismos de ativação.

O processamento humano da informação foi estudado por psicólogos cognitivos, destacando-se a capacidade relativamente limitada da memória de curto prazo para reter e manipular informação. A capacidade dos órgãos dos sentidos e da memória de longo termo para captar e subministrar estímulos e para armazenar e recuperar informação, assim como a possibilidade de favorecer o processamento mediante estratégias próprias do aprendiz ou induzidas pelo professor é ilimitada. A interação no campo de estudo dos comunicadores, aqueles que têm proposto e desenvolvido modelos de comunicação que explicam e favorecem o fenômeno a partir da transmissão e recepção de mensagens de dupla via e com distintos tipos de ênfases segundo o propósito (no emissor, no receptor, na mensagem, no código no referente, no contato).

Segundo (Santos, 1992, p. 17), a Ergonomia Cognitiva utiliza o termo Modelo Mental para descrever o:

“Conjunto dos conhecimentos virtualmente disponíveis em um indivíduo, compreendendo as relações preferenciais entre certas configurações da realidade e as ações a serem efetuadas e os conhecimentos que permitam uma manipulação mental da realidade.(...) Uma representação é ativada num determinado momento a partir do modelo mental do indivíduo, da configuração da realidade que ele percebe no curso de ação no qual ele está engajado. Este modelo mental é construído durante a história de cada indivíduo...”.

Ou seja, em cada nível de aprendizado o indivíduo remonta a sua experiência adquirida e altera a construção do modelo mental para a tarefa.

Assim, para Righi (1993, p. 25):

“A concepção do software pressupõe o conhecimento dos níveis de aprendizado dos usuários para instalação do sistema e coloca em cena a preocupação com o fato de que esses usuários vão evoluir seus modelos mentais à medida que acumularem experiência no seu uso. Essa evolução deverá ser acompanhada por variações no nível da interface que compatibilizem seu uso com a experiência acumulada pelo usuário”.

Segundo Scapin (1986, p. 12):

“A concepção ergonômica de softwares pressupõe o conhecimento preciso da tarefa. Métodos diversos são usados para estudar e descrever detalhadamente a tarefa, permitindo o estabelecimento das exigências a ela ligadas. As técnicas de Análises de Trabalho são utilizadas para obter os dados necessários para a definição, no âmbito da concepção do software, das exigências que o computador deve cumprir no desenvolvimento da tarefa para efetivamente atender ao usuário”.

Não parece pois que o projeto de sistemas de comunicação homem-máquina, deva ser uma mera tarefa artística o artesanal, e sim que cabe desenvolver e usar tecnologias com base nos princípios resultantes das investigações aplicáveis. Segundo Scapin (1987) citado por Righi(1993, p. 21), o computador tem uma diferença fundamental em relação às demais máquinas:

“O computador, embora seja um equipamento com o qual o homem se relaciona fisicamente, acionando seu teclado ou mouse, inserindo disquetes, etc. contém programas (softwares) que representam, antes, uma extensão do cérebro humano, que se relacionam com os processos mais cognitivos (percepção, memória., tomada de decisão, etc.) em oposição às outras máquinas que atuam como extensões potencializadoras ou ampliadoras da ação física do homem”

Assim, o software é um subsistema dos sistemas informatizados relacionado com os aspectos de realização das tarefas e das interface homem-computador, e, segundo Scapin(1987) citado por Cybis (1990, p. 2):

"Na medida em que estabelece quais as informações que estarão disponíveis na tela, as relações visuais entre elas e a sequência de ações condiciona totalmente a tarefa do operador e seu desempenho".

A despeito de tudo o que foi dito, quando se analisam muitas das interfaces de MECs, assim como de muitos outros programas, perguntamo-nos se os projetistas se deram o trabalho de projetá-las como um todo e cada uma em particular, ou se cada janela foi o fruto de uma inspiração do autor ou da simples inércia de apresentação ligada ao desenvolvimento do conteúdo de que se trata.

6.3.2 - Guias para o projeto de interfaces

Analizando a literatura sobre o projeto de MECs é surpreendente que, em muitos casos esses, se limitam a destacar a necessidade de projetar as janelas, de levar em conta que a janela é de tal e qual tamanho o qual orienta um desenho estético das mensagens usadas, também se insiste na conveniência de prover ao usuário de oportunidades e meios para interagir efetivamente com o programa. Em muito menor grau se focalizam as necessidades para a concepção do projeto aproveitando os resultados aplicáveis da investigação.

Galvis (1992, p. 264), propõe encontrar resposta a estas quatro perguntas, para efetuar o projeto comunicacional:

- Que dispositivos de entrada e saída convém por a disposição do usuário para que se intercomunique com o MEC?

Aqui se tratará de centrar a atenção sobre o destinatário e suas características, os dispositivos e software para entrada e saída que podem mediar a comunicação. A atenção voltada para certas particularidades dos usuários potenciais (idade, limitações de diversa índole, etc.) evita criar barreiras que interfiram ou dificultem a comunicação.

- Que zonas e modos de comunicação entre usuário e programa convém criar ao redor do micro-mundo selecionado?

Sendo importante a consistência da interface em todas as seções de um MEC, convém definir zonas e modos de comunicação que permitam que o usuário sempre esteja com o controle (saber onde está, como seguir ou desdobrar, pedir ajuda, realizar um trabalho, fazer uso de uma ferramenta), e que o desenvolvimento do processo de ensino-aprendizagem se leve a cabo fazendo uso dos tipos de informação que sejam convenientes (verbal, gráfica, sonora).

- Que características devem ter cada uma das zonas de comunicação?

Dependendo da função e tipo de informação que se utiliza em cada zona de comunicação, se devem aplicar princípios para o projeto das ferramentas textuais, gráficas, sonoras, resultantes da pesquisa a respeito.

- Como verificar que a interface satisfaz os requisitos mínimos desejáveis?

A verificação de que a interface satisfaz requisitos mínimos desejáveis se faz selecionando e aplicando princípios gerais de projeto de interfaces como os que enumeramos a seguir:

Segundo Boulet (Galvis, 1992, p. 265), o modelo de dados em um MEC deveria representar:

- Situações de ensino, chamadas "entidades" nas que o MEC deverá recompilar, armazenar e produzir dados pertinentes.

- Associações, vínculos ou relações estabelecidas entre as entidades: todas devem responder a eventos a que o MEC esteja relacionado, ou provocadas pelo sistema.
- Propriedades das entidades ou relações.

Durante a fase de projeto, o trabalho do autor deve concentrar-se na determinação de ocorrências de entidades. Durante a fase de projeto, o autor deve se manter preocupado pelo conteúdo, com independência do processamento. De fato, assim se podem implementar várias estratégias de ensino-aprendizagem com computador aplicando-se os mesmos dados.

A modelagem de processos (estrutura lógica), dos ambientes (micromundos) e de dados se efetua separadamente. A separação tem a vantagem de que, ao projetar os processos e os ambientes o autor projeta suas preocupações, seu enfoque, seus modelos pedagógicos e educacionais, além do mais que os dados dependem diretamente dos objetivos a serem logrados.

6.3.3 - Metodologia para o projeto computacional

As seguintes interrogações guiam o projeto computacional de um MEC na metodologia que foi desenvolvida por a “Universidad de los Andes - Colombia” (UNIANDES), (Galvis, 1992, p. 265):

- Que funções se requer que cumpra um MEC para cada um dos tipos de usuário?
- Para o módulo do professor e para o do estudante. Que estrutura lógica comandará a ação e que papel cumpre cada um dos componentes?

- Que estruturas lógicas ficam subentendidas a cada um dos componentes da estrutura principal?
- Que estruturas de dados, em memória principal, e em memória secundária, se necessitam para que funcione eficientemente o MEC?
- Como será funcionalmente o MEC? Em que consiste um protótipo do mesmo?

O estabelecimento das funções que deve cumprir um MEC por tipo de usuário (aluno, professor), assegura que este será completo: se trata não somente de apoiar o processo de ensino-aprendizagem, e sim de permitir que este se possa adequar aos requisitos que seus protagonistas considerem pertinentes.

A estrutura lógica deve ser construída em forma modular por tipo de usuário, de maneira que hajam níveis sucessivos de especificidade até que se chegue finalmente ao detalhe que faz operacional cada um dos módulos. Ao seguir a estrutura lógica deve fazer-se evidente como o MEC cumpre com seu compromisso de oferecer um ambiente para aprender o desejado e de servir de entorno para o cumprimento das demais funções especificadas.

Intimamente ligado à estrutura lógica está a estrutura de dados necessária para que o MEC cumpra eficientemente com sua função. É imprescindível projetá-las, tanto quanto ao que convém manter na memória principal como aquelas dados que devem ser armazenados na memória secundária.

6.3.4 - Princípios gerais de projeto de interfaces

Os seguintes dez princípios gerais são adaptados para o caso dos MECs a partir da investigação feita pela APPLE Computer sobre interfaces homem-máquina. Sua compreensão e

aplicação são muito úteis na verificação de que a interface de um MEC satisfaz os requisitos (Galvis, 1992, p. 266):

- Utilize como micromundo metáforas do mundo real, tão concretas e semelhantes quanto possível.
- Permita manipulação direta pelos usuários, os quais eles devem sentir que o que fazem tem um efeito.
- Prove opções para que se veja e escolha, em vez de lembrar e digitar.
- Permita acomodar as interfaces às necessidades e preferências do usuário (com/sem som, com maior ou menor nível de detalhe, uso de um ou outro dispositivo de E/S, cores, etc.).
- Prover uma interface consistente em todos os módulos do MEC e respeitar as interfaces MECs do mesmo gênero.
- Assegure que quem está em controle do processo de comunicação, é o usuário e não o programa.
- Permita que o estudante aprenda com a experiência, protegendo-o, no entanto, de possíveis erros.
- Tolere os erros. As ações devem ser reversíveis, quando não o são isto deve ficar claramente estabelecido.
- Prover retroinformação imediata usando linguagem do usuário (ícones, palavras, sons) e não códigos de máquina. Quando efetue alguma operação, mantenha o usuário informado do que está acontecendo.

- Logre integridade estética. A confusão visual e os detalhes pouco atrativos previnem uma interação efetiva entre o usuário e o computador.

6.3.5 - Padrões de Qualidade

Nos pontos anteriores, realizamos uma pesquisa bibliográfica do que se considerava um bom MEC, desde a perspectiva educativa. Em síntese, o ideal é que seja pertinente, (satisfaça necessidades prioritárias), consistente (bem fundamentado metodologicamente), poderoso (cubra uma ampla gama de tipos e estilos de aprendizagem) e aproveite as qualidades educativas que oferece o computador (em particular interatividade e controle do usuário sobre o que e como aprende).

Os três primeiros critérios são aplicáveis, praticamente, para qualquer material educativo. O quarto é privativo do computador, mais não é o único a ser exigido de um bom MEC.

Cabe perguntar-se, então. Que condições particulares se devem buscar em um MEC, dada a especificidade do meio computacional, para que um desenvolvimento se considere de qualidade? Ou dito de outra maneira, a que critérios recorrer para avaliar a qualidade computacional de um MEC, como complemento aos critérios antes mencionados?

Esta proposta de Galvis (1992, p. 268), segundo ele, é resultado da revisão dos princípios de Engenharia de Software e de sua própria experiência em elaborar MECs.

1. Desde a perspectiva do usuário final, além de se de promover a interatividade, já mencionada, se deve buscar que haja transportabilidade e adaptabilidade. De pouco serve um MEC que seja ideal como projeto se na prática não se pode pôr-lo a disposição dos usuários potenciais ou que não se possa adequá-lo às necessidades e possibilidades reais do educando.

Dentro de uma mesma gama de computadores tem sentido falar de transportabilidade e adaptabilidade como condições de qualidade computacional de um MEC. As características gráficas dos equipamentos fazem que não sejam diretamente transportáveis os MEC de um computador para outro. Cabe desenvolver MECs baixo padrão que podem ser instalados segundo o ambiente de que disponha o usuário. Outra dimensão importante da adaptabilidade computacional tem que ver com as limitações de memória principal, cada vez menores porém ainda existentes em equipamentos do setor educativo, o que força a desenvolvê-los de tal maneira que seja possível prover versões adaptadas às condições de uso, sem que tenha que reelaborar-se o programa e sem perda significativa de eficiência nas versões para equipamentos limitados.

Outra dimensão importante da adaptabilidade tem que ver com o que se denomina abertura de programa. O usuário deve ter a capacidade de adequar o conteúdo, as ajudas, as funções de apoio. etc., dependendo de suas necessidades, desde que se deseje manter a lógica, sem necessidade de pedir ao projetista que reelabore o programa.

2. Desde a perspectiva do projetista o do encarregado da manutenção do MEC, as condições seguintes são desejáveis: modularidade, bom gerenciamento da memória principal e secundária, reusabilidade, código legível e documentado, documentação para manutenção.

A modularidade e o bom gerenciamento de memória principal e secundária são elementos estruturais. A reusabilidade tem que ver com a geração e utilização de rotinas cuidadosamente elaboradas para que se possa usá-las eficientemente como uma de livrarias que simplifiquem e agilizem o desenvolvimento de novos MECs. A legibilidade do código e a

documentação que se faça dentro e fora do mesmo sobre seus distintos componentes, são elementos indispensáveis para poder dar manutenção a um MEC.

Finalmente, podemos dizer que o desenvolvimento de MECs seguindo padrões de qualidade educativa e computacional como os antes mencionados, favorecerá que os esforços de produção sejam aproveitados efetivamente.

7 - ARQUITETURA DE UM SISTEMA EIAC

Neste capítulo descreve-se a produção de tutores inteligentes, a partir de duas abordagens complementares:

- Uma abordagem de Inteligência Artificial - IA, que é a abordagem clássica. Para este caso, certos pontos (particularmente a comunicação do conhecimento) precisam, ainda, ser desenvolvidos.
- Uma abordagem de Engenharia de Software, mais recente.

A construção de um tutor (inteligente ou não) requer a consideração de três modelagens: Pedagógica, Didática e "Mediática"; Gouardères (1986).

Na abordagem da Engenharia de Software, seus métodos aplicados a EIAC, devem permitir o estudo e definição do meta modelo de tutor inteligente a produzir. Distinguimos três níveis de arquitetura lógica (Beltran, Bessagnet, Canut, Gouardères, 1989):

- O Tutor Inteligente
- O Ambiente Didático Multimídia - ADM que cobre todas as fases do seu ciclo de vida (concepção, simulação, validação e difusão). Cada tipo de ADM é orientado a produção de uma categoria de

Materiais Educativos Computadorizados ou didáticos. O atelier deve permitir a especificação do tutor inteligente a produzir e mais particularmente a modelagem do estudante.

- O Ambiente Integrado de Engenharia de Software - AIES ambiente ao qual é unido um programa de interface que permite interpretar logicamente as perguntas de um usuário de ADM. As exigências (categorias de software a produzir) e as restrições de hardware (tipo de máquina, suporte multimídia) devem permitir a geração pelo AIES de um ADM adequado.

A proposta aqui se limita a mostrar que as duas abordagens - Inteligência Artificial e Engenharia de Software - são dependentes e complementares.

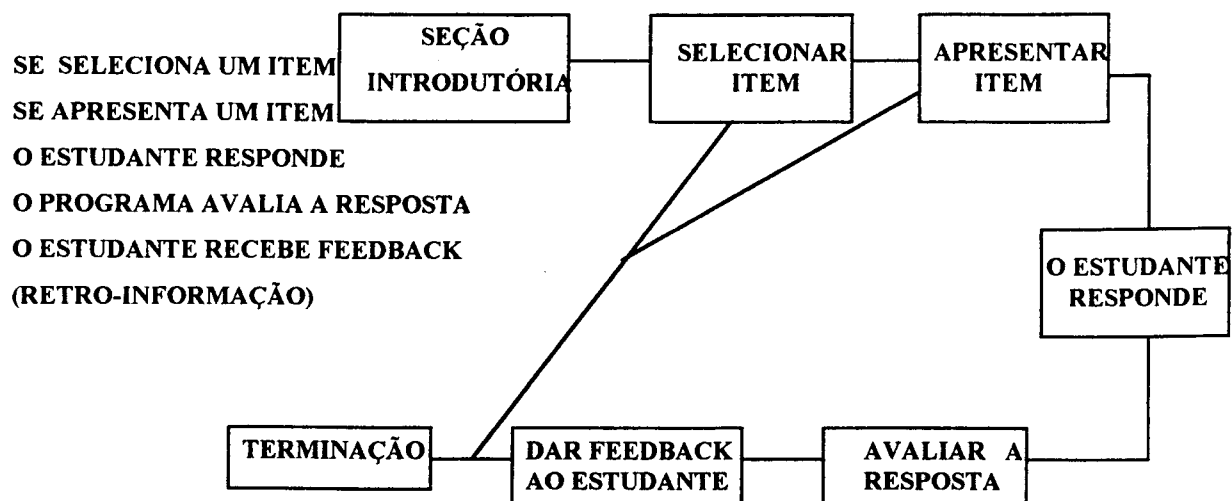
7.1 - Arquitetura de Tutores e Treinadores Inteligentes

Chama-se de Treinador um programa instrutivo, que permite a exercitação sobre um conjunto de tarefas definidas, sobre as quais o estudante usuário tem baixo controle.

Os Sistemas de Exercitação e Prática - SEP, são programas de computador que apresentam uma seleção de perguntas e/ou problemas iterativamente. Basta que o estudante as conteste ou as resolva com determinado nível predeterminado de eficiência. São sistemas que permitem levar a cabo a terceira etapa do processo de instrução, talvez a mais importante no caso de aprendizagem de habilidades: A prática e a retroinformação.

Segundo Alessi citado por Seni (1989, p. 30), um SEP segue tipicamente, o seguinte ciclo de ações:

Figura 6 : Ciclo de um SEP



Fonte : Seni (1989, p. 30)

Tutor é o programa que leva a cabo a exercitação controlada sobre um conjunto de tarefas, guiando o estudante, com base em uma estratégia de instrução previamente definida pelo professor que o cria. Segundo Corredor (1992, p. 44), com estes sistemas o que se pretende é criar um programa de instrução que possa se parecer, o mais possível, com um bom mestre em sua atividade de ensino, ressaltando sua capacidade para detectar as lacunas de conhecimento do aluno, diante de cada situação de aprendizagem e utilizar estratégias tutoriais feitas sob medida para cada estudante.

Em geral, os tutores e treinadores só se dizem inteligentes se possuem as capacidades seguintes (Balboa, Prieto, Loret, Reig, 1992, p. 85):

- Geração de tarefas;

- Resolução de tarefas que não sejam objeto da exercitação com os estudantes, a partir dos mecanismos de representação de conhecimento do objeto de estudo;
- Definição de táticas e estratégias de condução dos diálogos com instrumentos gerais de análise de resposta;
- Modelagem do conhecimento do estudante;
- Auto-aprendizagem a partir dos resultados das interações.

Impõe-se a necessidade de utilizar instrumentos e métodos de IA e, em particular, Sistemas Especialistas (SE). O objetivo de um SE é prover mecanismos de tomada de decisão para resolver problemas, baseados no conhecimento obtido de especialistas humanos. Um SE no ensino deve ter um núcleo básico encarregado de representar e manipular o conhecimento sobre a matéria que se deseja tratar.

Antes de citar a relação SE-STI (Sistemas Tutoriais Inteligentes) vale a pena aclarar um pouco sobre a definição e arquitetura de um SE. Observando o gráfico da figura 7 podemos distinguir os componentes básicos de um SE (Harmong, King, 1988, p. 38):

De forma resumida podemos definir um SE como um programa de computador com capacidade para processar grande quantidade de informação simbólica, realizar processos de inferência e busca heurística, justificar suas respostas e perguntas durante um processo de consultas e dar respostas como o faria um especialista na área.

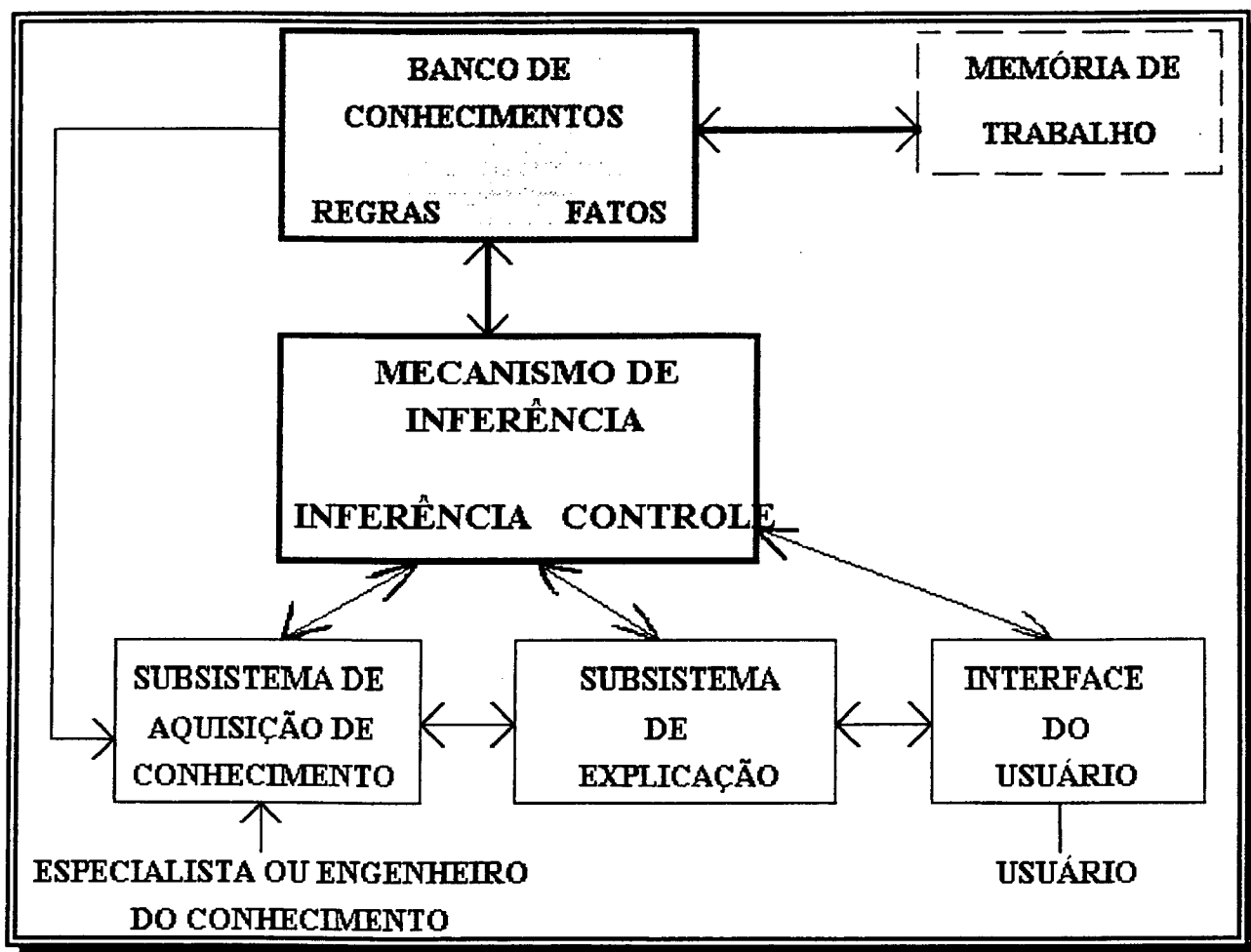
Este conjunto de tarefas se obtém mediante a iteração de seus cinco componentes:

- a - Base de conhecimento: Que contém todo o conhecimento do domínio, organizado na Base de Dados de fatos que são os conceitos reconhecidos, os pressupostos de partida e as propriedades que se vão deduzindo a partir de regras que estão associadas ao conhecimento e a os truques

adquiridos pelo especialista através de sua experiência de trabalho e que utiliza para a solução de seus problemas.

- b - Motor de Inferência: Contém o mecanismo lógico de raciocínio e as estratégias de controle para deduzir respostas e justificar soluções obtidas.
- c - Subsistema de Justificação: Encarregado de explicar como se obteve uma resposta, por que se procedeu de determinada forma e por que se solicitam certos dados durante um processo de inferência.

Figura 7 : Arquitetura de um SE



Fonte : Harmong e King (1988, p. 38)

- d - Subsistema de Interface: Permite a comunicação com o usuário para dar resposta a suas consultas, solicitar-lhe dados ou justificar soluções.
- e - Subsistema de Aprendizagem: Encarregado de interagir com o especialista com o objetivo de atualizar a Base de Conhecimento.

Analisando as características dos SE pode-se ver que seu uso alcança todos os módulos dos STI- Sistemas Tutoriais Inteligentes (Corredor, 1989, p. 46):

- **Módulo Especialista:** É o especialista que trata e maneja o conhecimento da matéria.
- **Módulo Tutor:** Especialista em técnicas de ensino para eleger conceitos, fixar o nível de dificuldade do ensino e controlar o processo de aprendizagem.
- **Módulo Modelo de Estudante:** Especialista que analisa as respostas do aluno buscando detectar conceitos desconhecidos, nível de assimilação e motivação.
- **Módulo Interface com o Usuário:** Especialista interpretador da linguagem natural.

Como se vê, em um STI buscamos a integração de quatro SEs e portanto esta não é uma tarefa fácil de se alcançar, senão mediante a aquisição de experiência e o desenvolvimento gradual de protótipos de STI.

A filosofia essencial do desenvolvimento dos produtos de software instrutivo que se obtém a partir de um sistema de produção de treinadores e tutores, consiste em construir sucessivamente os três corpos de aplicações possíveis: Calculador Simbólico (SE objeto de estudo), treinador e tutor.

7.1.1 - Conceitos básicos para o trabalho de um Sistema de Produção de Treinadores e Tutores Inteligentes

As aplicações devem estar contidas dentro do processo docente e por isso, seu projeto deverá seguir os passos da organização geral do dito processo. Primeiro deve ter lugar a determinação dos objetivos e os conteúdos relativos a aplicação, os quais seriam necessários em termos dos objetivos e conteúdos gerais do processo docente em que estão incluídos.

Como Tutores e Treinadores estão orientados ao desenvolvimento das habilidades procedurais, os conteúdos deverão definir-se em termos de tarefas conducentes a formação e consolidação das habilidades. Deve ter-se em consideração que o objetivo se expressa de modo construtivo, em termos de habilidades e de tarefas (Balboa, Prieto, Loret, Reig, 1992 p. 86).

A habilidade como elemento do conteúdo do ensino e que consiste em um sistema de ações que tem um objetivo geral, está estreitamente ligada ao conhecimento, que é o outro componente do conteúdo.

Uma vez determinados os objetivos e os conteúdos em termos de habilidades, é necessário definir as tarefas simbólicas e seus níveis.

7.1.2 - As Tarefas

No sistema, uma tarefa (simbólica) é um exercício típico que pode ser objeto de análise e solução durante o diálogo entre o treinador ou o tutor e o estudante. Em geral, uma tarefa é uma relação entre os argumentos ou dados de entrada e o resultado que se obtém ao resolvê-lo. O número de tarefas a incluir em uma aplicação não deve estar limitado pelo sistema. Desde o ponto de vista da implementação computacional, isso dependerá da quantidade de código que seja necessário gerar, o que variará em dependência dos conteúdos, o nível de relação de uma tarefa com outras e outros fatores (Balboa, Prieto, Loret, Reig, 1992, p. 86).

7.1.3 - Os Níveis

Associados a cada tarefa, pode-se definir seus níveis de especificidade. Cada tarefa pode ter um, vários níveis, ou mesmo nenhum nível associado. No projeto de uma aplicação, os níveis podem ser utilizados para identificar subclasses que caracterizem os dados dentro de uma tarefa. Cada tarefa tem seus níveis independentes dos de outra em um mesmo tutor ou treinador. Os níveis são os graus de liberdade que tem o "projetista" para caracterizar ou subdividir as tarefas segundo suas necessidades. A existência dos níveis é muito importante para a elaboração de boas estratégias de direcionamento da aprendizagem nos tutores.

Um exemplo de níveis associados a tarefa Cálculo Diferencial seriam: funções simples, soma de funções, etc.

Em algumas aplicações se mostrou a tendência dos professores - projetistas- em utilizar a classificação por níveis, para indicar graus de complexidade ou dificuldade em algum ou vários dados de entrada das tarefas. Esse mesmo critério também foi empregado para diferenciar grupos de alunos, etc.

7.1.4 - Componentes de Tutores e Treinadores Desenvolvidos com um Sistema de Produção

7.1.4.1 - Módulo de diálogo inicial

Permite a realização de uma primeira sessão de comunicação com o estudante para definir as condições de cada execução do treinador e deverá permitir obter a seguinte informação:

- Tarefa a resolver
- Modo de dados: Quem fornecerá os dados? [estudante-sistema]
 - Dados para a tarefa (se o estudante os fornece).
 - Nível (se o sistema deve fornecê-lo).
- Modo de solução: Quem resolverá o exercício? [estudante-sistema]
- Forma de solução (com o sistema) [passo a passo - completo]

Uma vez determinadas as condições de trabalho, o módulo de Diálogo Inicial se desativa e entrega o comando ao supervisor. No caso dos tutores, não ocorre esse diálogo inicial.

7.1.4.2 - Supervisor (Coach)

Exerce o controle de todas as ações do treinador e executa a comunicação com o estudante. Se o sistema deve abordar os dados para a tarefa selecionada, faz uma chamada ao módulo de geração, que completa um exercício. Utiliza as mensagens do módulo correspondente para propor o diálogo efetivo e, em dependência das condições solicitadas, pede a solução do exercício ao componente especialista do sistema BCBR).

No modo de solução por parte do sistema, o treinador deve comportar-se como um solucionador de exercícios, dando soluções e explicações segundo os desejos do estudante. No modo de solução por parte do estudante, produz-se uma interação de perguntas, respostas e análises de

respostas. A estratégia básica do supervisor (coach) é a seguinte (Balboa, Prieto, Loret, Reig, 1992, p. 87):

A. Comparar a resposta do estudante com a do especialista utilizando o módulo de análise de Equivalências.

A.1. Em caso de resposta correta, dá-se por terminada a execução do exercício e passa-se então o controle ao Diálogo Inicial em busca de outra solicitação (ou saída do treinador).

A.2. Em caso de resposta incorreta, passa-se ao Módulo de Detecção de Erros (MDE), o qual tratará de encontrar em quais subtarefas da tarefa original, se verificam as falhas.

A.2.1. Se o MDE conclui com êxito encontrando as más regras utilizadas, passa-se a executar o diálogo com as subtarefas que causam erros. Este processo se aprofunda até que se dêem respostas corretas ou se chega a subtarefas fechadas na base de conhecimento. A base de conhecimento, por seu lado, não têm seguimento possível, apenas fornecendo explicações necessárias.

A.2.2. Se o MDE não encontra os erros, se executa o diálogo com todas as subtarefas de acordo com as definições dadas no Controle de Diálogo para Exercícios (CDE).

7.1.4.3 - Gerador de dados

Contém conjuntos de dados para cada uma das tarefas e níveis definidos no treinador como procedimentos de geração aleatória para selecioná-los a pedido do Supervisor.

7.1.4.4 - Mensagens

Contém a informação de saída em linguagem natural para os diálogos. Existem cinco tipos de mensagens (Balboa, Prieto, Loret, Reig, 1992, p. 88):

- Enunciados gerais das Tarefas.
- Prompts ou motivações às respostas do estudante.
- Explicações específicas de cada Tarefa.
- Traduções das boas regras da Base Conhecimento Boas Regras - BCBR.
- Traduções das más regras da Base Conhecimento Más Regras - BCMR.

7.1.4.5 - Base de Conhecimento de Boas Regras (BCBR)

É um dos componentes especialistas das aplicações com um Sistema de Produção. Contém as regras e ações necessárias para a solução das tarefas. Deve ser escrita diretamente em uma linguagem de programação declarativa (PROLOG, LISP, etc.) e desenvolvida de preferência pelo engenheiro de conhecimento. Na BCBR distinguem-se dois grupos de cláusulas: as auxiliares e as principais.

- As cláusulas principais, correspondem às tarefas disponíveis na aplicação. As regras, em seu cabeçalho fazem referência às tarefas definidas.

Exemplo (PROLOG): gradiente(Fun, Var, Ponto, Res): -

derivada(Fun, Var, Der),

avalia(Der, Ponto, Res).

- As cláusulas auxiliares, apoiam as principais. Não se relacionam diretamente com as tarefas.

Exemplo seria: avalia.

7.1.4.6 - Analisador de equivalências (AE)

Juntamente com a BCBR, compõem o componente especialista da aplicação. É uma base de conhecimento que contém as regras necessárias para determinar se as respostas do estudante e da BCBR são ou não equivalentes.

A complexidade do AE dependerá da natureza dos conteúdos.

A sintaxe obrigatória da cláusula principal do AE seria por exemplo:

equiv(A,B):-

Onde A e B são, indistintamente, expressões das respostas dadas pelo estudante e pelo sistema.

7.1.4.7 - Base de conhecimento das más regras (BCMR)

Contém as regras que descrevem o conhecimento errôneo. Conjuntamente com o Módulo de Detecção de Erros (MDE) e, em caso de Tutores o Modelo do Estado de Conhecimento, permite a modelagem do estudante.

A metodologia da modelagem do estudante baseado nas más regras, foi desenvolvida por D. Sleeman, primeiro no sistema LMS (Leeds Modeling System) e mais recentemente na família de sistemas tutoriais inteligentes PIXIE (Balboa, Prieto, Loret, Reig, 1992, p. 89).

Nos sistemas de produção deve-se construir um modelo geral de detecção de erros com base nas más regras. As más regras são obtidas a partir das experiências e critérios dos docentes.

Deve-se cuidar que o conjunto de más regras não cresçam desnecessariamente, pois isto conspiraria contra a eficiência do detector de erros.

Exemplo: Regra de derivação do produto de duas funções:

boa regra

derivada(X*E,Var,Res):-

derivada(X,Var,X1),

derivada(E,Var,Y1),

Res = X1 * E + X * Y1.

má regra

m_derivada(X*E,Var,MRes):-

derivada(X,Var,X1),

derivada(E,Var,Y1),

MRes = X1 * Y1.

7.1.4.8 - Detector de erros

Contém os algoritmos de modelagem temporal do estudante e de detecção de erros. Utiliza a resposta dada pelo estudante (não equivalente a do especialista) e a BCMR para tratar de encontrar as más regras aplicadas.

Durante a tarefa de modelagem realizam-se os seguintes passos que se relacionam:

- **Construção do modelo ideal.**- O modelo da configuração ideal é o caminho - caminho do especialista - que resolve a tarefa inicial proposta. É uma configuração formada somente por boas regras e são construídas subdividindo a tarefa em diferentes subtarefas que devem se complementar para chegar à resposta final.
- **Deteção de erros.**- Para detectar e corrigir o erro cometido pelo estudante procede-se a geração e avaliação das configurações errôneas - via caminho de solução errado seguido pelo estudante - a partir da configuração ideal. Este processo realiza-se linearmente o que mais dinamiza o trabalho. Os critérios de formação das configurações podem ser diversos. Podem-se gerar configurações com um, dois ou mais erros.
- **Análise dos erros detectados.**- O Módulo de Erros (ME), pode detectar vários caminhos - conjunto de configurações errôneas - seguidos pelo estudante. Este conjunto é submetido a um processo de tratamento de incerteza que se encarrega de seleccionar a via equivocada mais provável utilizada pelo estudante.

7.1.4.9 - Controle de diálogo para exercícios (CDE)

Controla o nível de realização de diálogos com o estudante, nos casos de exercícios mal solucionados e quando o Módulo de Erros - ME fracassa no intento de detecção de erros. Como foi dito antes, o supervisor chamará sucessivamente todas as subtarefas da tarefa original.

Porém, o projectista da aplicação deve ter a possibilidade de definir como se executará o diálogo com essas subtarefas através das "descidas". Existem três tipos de "descidas": de supervisão, de menção e mudas (Balboa, Prieto, Loret, Reig, 1992, 90):

- De supervisão: Se uma subtarefa (para uma tarefa dada), se declara de supervisão, com ela se executam os diálogos a nível geral do supervisor, isto é, com todas as entradas e saídas (mensagens) previstas no supervisor. Neste caso a subtarefa realizará o mesmo tratamento das tarefas originais.
- De menção: Se uma subtarefa se declara de menção não haverá diálogo. Somente se apresentarão as saídas (menções) que se deverão definir explicitamente.
- Mudas: São as subtarefas que só se deseja executar. Não se deseja realizar diálogos nem fazer menções sobre elas.

7.2 - Tutores desenvolvidos com um sistema de produção

Nos tutores não se opera o módulo de diálogo inicial, o supervisor é diferente (algoritmo de progressão) e aparecem dois novos módulos: O Modelo de Direção de aprendizagem (MDA) e o Modelo do Estado de Conhecimento do Estudante (MECE).

7.2.1 - O grafo de níveis como módulo de direção da aprendizagem

Para se obter um controle total sobre o estudante, deve-se projetar uma estrutura que permita fazer uma distribuição de conteúdos de conhecimentos a manusear e desta forma resolver o problema da modelagem permanente. Como base aos estudos sobre os modelos de estudante deve-se estabelecer um Módulo de Direção de Aprendizagem que permitirá criar e atualizar um Módulo de Estado de Conhecimento do Estudante. A seguir detalhamos essa estrutura denominada <Grafo de Níveis>.

O Grafo de Níveis deve ser específico para cada tutor e será representado pelo par (N, E), onde:

- N Conjunto de Nodos do Grafo.
- E Conjunto de Enlaces entre os Nodos.

Os Nodos (N) representam as tarefas que serão objeto de tratamento. O formato geral de uma tarefa é o seguinte:

Nome da tarefa (< Lista de argumentos>)

Onde < Lista de argumentos > = E1, E2, E3,, En, S

S - último argumento - resultado da tarefa.

E1, E2, E3....., En - Dados de entrada.

Os enlaces (E), indicam as transições possíveis entre a resolução das tarefas. Basicamente um enlace entre dois Nodos. Tarefas do Grafo de Níveis refletem o nível mínimo de conhecimento que deve possuir um estudante na tarefa <origem> (dada pelos níveis superados

satisfatoriamente), para poder receber instrução em uma tarefa <destino>. A transição gráfica de uma tarefa <origem> a outra <destino>, pode ser imaginada como a direção da seta que representa um enlace entre elas.

A partir de determinadas relações entre os enlaces, estes se classificam em três tipos: Condicionais, Requisitos e Paralelos (Balboa, Prieto, Loret, Reig, 1992, p. 84):

- **Enlace Condicional:** É a conexão mais simples entre Nodos-Tarefas, pois se estabelece quando existe uma condição prévia para transição de uma tarefa a outra. Suponhamos T_i e T_j dois Nodos-Tarefas quaisquer. Denotemos por $(T_i \rightarrow T_j) N_{ij}$ como o nível necessário e mínimo para passar e receber instrução em uma tarefa T_j , donde N_{ij} é uma lista de níveis da Tarefa T_i : $N_{ij} = \{N_{i1}, N_{i2}, \dots, N_{ik}\}$. De forma geral podem existir quaisquer número de enlaces condicionais desde uma tarefa T_i a outros Nodos-Tarefas $T_{i+1}, T_{i+2}, T_{i+3}, \dots, T_{i+n}$.
- **Enlace Requisito:** As vezes são necessários enlaces algo mais elaborados para representar relações entre Nodos-Tarefas. Por exemplo quando se necessita fornecer ao estudante um novo conteúdo (desenvolver-lhe habilidades em uma tarefa), é necessário que resolva simultaneamente um conjunto de tarefas com determinados níveis de conhecimentos em cada uma delas.
- **Enlace Paralelo:** Este é um caso particular da aplicação de enlaces condicionais, pois é estabelecido quando há um conjunto de Tarefas que não necessitam de requisitos, nem de condições prévias entre elas para a transição do estudante de umas a outras. Isto significa que um grupo de tarefas conectadas entre si através de um enlace paralelo podem recorrer-se <simultaneamente> pois estão relacionadas por enlaces condicionais <vazios>. Um enlace entre uma tarefa T_i com outra tarefa T_j é dito vazio se $(T_i \rightarrow T_j) N_{ij}$ e $N_{ij} = []$, ou seja não se exigem níveis a resolver em T_i para passar a resolver níveis de T_j .

7.2.2 - Estratégias

As estratégias de controle sobre o modo de direção de aprendizagem facilitam uma melhor condução do estudante através do Grafo de Níveis, estas se classificam em: estratégias de progressão e estratégias de erro-ação (Balboa, Prieto, Loret, Reig, 1992, p. 91):

- Estratégias de Progressão

Se estabelecem-se para cada Nodo-Tarefa do grafo (exceto para os nodos terminais) e permitem decidir o caminho ou os caminhos que o estudante deve tratar de alcançar para progredir desde os nodos bases até os nodos terminais. Desta forma para cada T_i não terminal existirá uma estratégia de progressão de qualquer dos seguintes tipos: estratégia <alguma> e estratégia <todas>.

- Estratégia <alguma>: Aqui se exige do estudante os níveis de uma soma dos possíveis trânsitos da tarefa atual até qualquer outra tarefa precedente a ela.
- Estratégia <todas>: Exige-se do usuário que trate de resolver todos os níveis necessários para transitar até <todas> as tarefas precedentes à tarefa atual.

- Estratégias de Erro_Ação

Estabelece-se para cada nodo-tarefa indicando que ação realizar quando o estudante respondeu incorretamente a uma pergunta do tutor. O sistema poderia ter as três seguintes estratégias predefinidas:

- **Estratégia Nivelar:** Quando o estudante está tratando de resolver uma tarefa e responde incorretamente um nível qualquer, então se a estratégia Erro_Ação é <nivelar> buscar-se-á outro nível qualquer de essa tarefa e se lhe proporá ao estudante.
- **Estratégia Abandonar:** Quando existe erro na resposta do aluno e a estratégia Erro_Ação é <abandonar>, então o sistema deixará de dar instrução temporariamente nessa tarefa e buscará outro caminho do grafo de níveis que lhe permita progredir até os Nodos terminais.
- **Estratégia Informação:** Neste caso, ao detectar-se erro na resposta, brinda-se o estudante com determinada informação associada a mesma. Posteriormente se lhe propõe a mesma tarefa, do mesmo nível, porém com outro conjunto de dados.

Considerando a importância do modo de direção de aprendizagem, concluimos com algumas recomendações sobre a construção do grafo de níveis (Balboa, Prieto, Loret, Reig, 1992, p. 92):

O projetista de um grafo de uma aplicação em particular deve levar em consideração os seguintes aspectos:

- **Não criar um Grafo Fechado.** Um grafo se denominará fechado se todos seus Nodos-Tarefas são Nodos <Destinos>. Deve indicar ao menos um ponto de entrada para o grafo, ou seja uma tarefa que não necessite requisitos ou condições de outras tarefas para passar a se resolver. Estes são as chamadas Bases do Grafo de Níveis.
- **Deve-se estruturar o grafo de forma tal que fiquem definidos Nodos terminais para as tarefas que se requer que o estudante resolva obrigatoriamente, devido a que o tutor termina quando o aluno logra vencer todos os Níveis de todos os Nodos Terminais.** O projetista da Aplicação preferentemente deverá assinalar Nodos terminais a aquelas tarefas que representam generalizações do conhecimento do Tutor.

- O criador do Grafo deve ter em mente que podem usar Nodos-Tarefas sem recorrência. Uma boa construção do Grafo deve prever todos os possíveis caminhos desde a Base até os Nodos Terminais, assim como as possíveis variações do caminho em caso de erros.

7.3 - Módulos e utilitários de um sistema treinador ou autor

Durante o processo de construção de um sistema de produção serão formados e/ou utilizados diversos arquivos que se agrupam nas denominadas parte fixa e parte específica.

- Parte Fixa

- Os supervisores
- Os algoritmos de construção e controle de diálogos.
- O algoritmo de progressão.
- Os mecanismos de detecção de erros.
- O mecanismo de solução de situações de incerteza.
- O componente de modelagem do estado do conhecimento do estudante.
- Diversos predicados de apoio.
- Diversos Programas de apoio (Ex. estatísticas, relatórios, boletins, etc.).

- Menu geral.
- Parte Específica
 - As Bases de Conhecimento.
 - Os Arquivos de controle.
 - Menu específico.

7.4 - Análise e crítica à utilização e a produção atual de tutores inteligentes

Dentre a grande diversidade de tutores ditos "inteligentes", a necessidade de boas interfaces com o usuário é um denominador comum. Este é o maior obstáculo ao objetivo reconhecido do EIAC: a construção de um contexto de comunicação entre aprendiz e sistema. As interfaces de um sistema EIAC devem então ser atuantes e diversas (analisadores de respostas, geradores de textos, interfaces gráficas, interfaces hipertexto, ..., etc.).

As limitações da adaptação dos sistemas Tutores Inteligentes aos usuários (principalmente o diálogo sistema-aprendiz) devem ser estudados dentro das enfoques das Ergonomia Cognitiva e de Software.

Em outros termos, o comportamento do usuário deve ser um fator determinante das decisões dos sistemas. Esse é essencialmente o problema a considerar pelos sistemas atuais.

Freqüentemente, a avaliação é uma tarefa aproximativa e pragmática que os Tutores Inteligentes existentes realizam a um desses três níveis:

- Comportamental

- avaliação dos comportamentos observáveis (interações)
- avaliação dos comportamentos não observáveis (raciocínio).

- Ver do usuário sobre o domínio tratado

- Individual

- avaliação da arquitetura cognitiva
- avaliação conforme o tipo da aprendizagem.
- avaliação da motivação (pré-requisito, fadiga, *stress*, etc.).
- escolha da apresentação das informações conforme o indivíduo (textos, imagens, etc.).
- avaliação das circunstâncias (distração, acontecimentos exteriores), etc.

No EIAC, a avaliação do aprendiz é primordial, de uma parte para se assegurar da boa aprendizagem dos conceitos presentes, de outra parte para validar ou modificar ao longo do tempo, o software. Cada vez mais os sistemas colocam em questão a modelagem do aluno permitindo assim uma avaliação interativa, e então uma adaptação do sistema ao perfil do aprendiz.

Aparece então aqui um problema subjacente à avaliação: a modelagem do aprendiz. Dentro desta tarefa complexa que se revela a luz da Psicologia Cognitiva, da Inteligência Artificial e

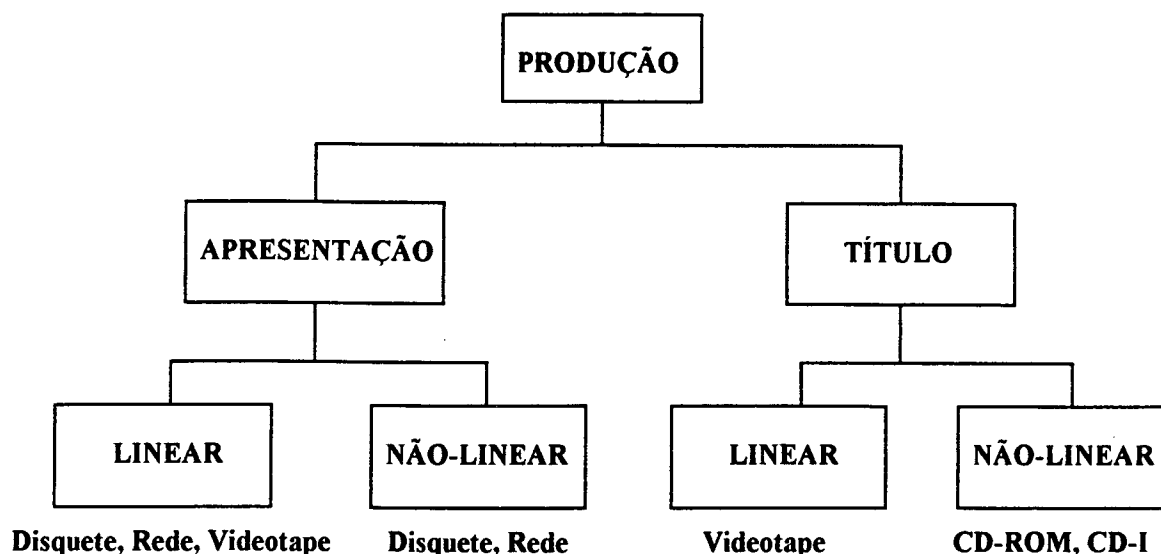
da Pedagogia, cabe ao EIAC desenvolver os métodos e os utilitários sobre a experiência (pré-requisitos, nível do utilitário...), a teoria dos erros (enumerativo, reconstrutivo, gerativo) e a teoria do ponto de vista (definir como um contexto interpretativo, específico a uma situação, um domínio, ou geral).

8 - PRODUÇÕES MULTIMÍDIA

Um dos maiores problemas para o Ensino Inteligente Assistido por Computador - EIAC, é a produção de tutores inteligentes de forma industrial. Dentro deste domínio, não existem praticamente, sistemas de ajuda a criação e execução. Este problema é muito mais complexo, quando se faz produções em ambiente multimídia.

Uma produção multimídia Windows inclui tanto apresentações como títulos multimídia. A figura 8 (Jennings, 1992, p. 418) mostra a hierarquia das produções multimídia Windows:

Figura 8: A hierarquia das produções multimídia Windows



Fonte : figura 8 (Jennings, 1992, p. 418)

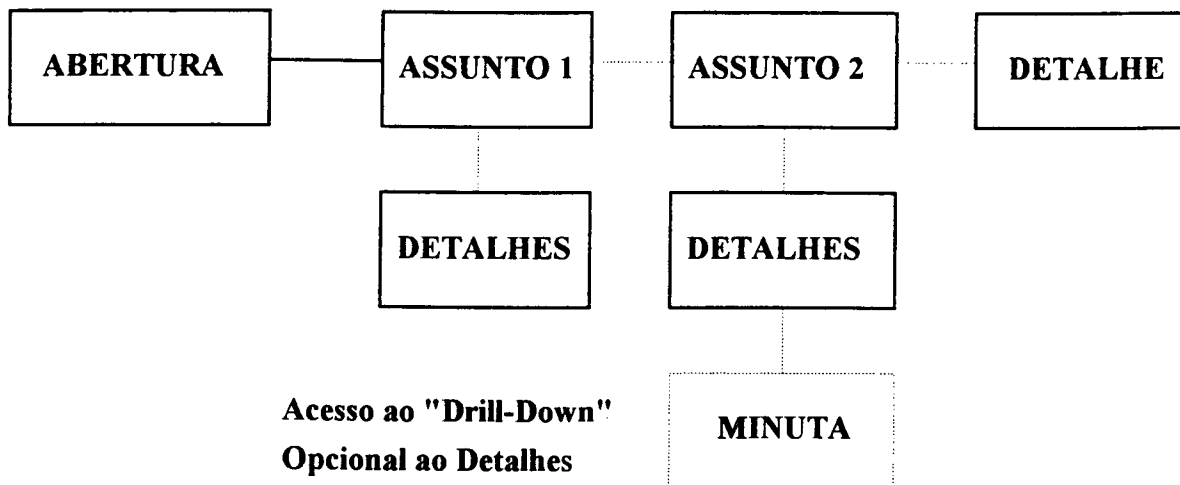
As produções multimídia podem ser classificadas por suas estruturas: linear e não linear (Jennings, 1992, p. 420).

Uma produção linear destina-se a ser vista do início ao fim, normalmente numa única sessão. Produções lineares possuem seções tradicionais de abertura, conteúdo e fechamento, similar a livros e comerciais de televisão. O espectador não pode alterar a sequência dos eventos. Quando a interação se limita à habilidade de iniciar ou parar uma produção, nada impede que ela seja distribuída em videotape.

Quando adicionamos a capacidade de interação incorporando botões ou outros objetos que o expectador pode clicar para ver detalhes adicionais sobre o assunto; temos uma apresentação *drill-down*.

A figura 9 mostra a estrutura horizontal de uma produção linear, com as opções de detalhe *drill-down* sombreadas:

Figura 9: A estrutura de uma produção multimídia linear



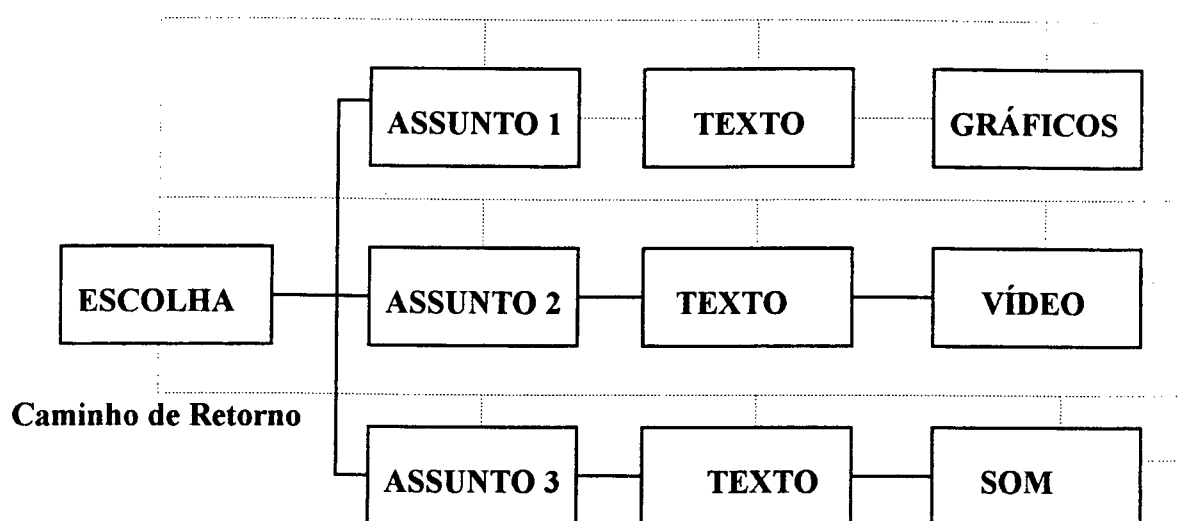
Fonte : Jennings (1992, p. 420).

Produções não lineares dão ao espectador o controle da sequência da apresentação. Um exemplo de produção não linear é uma enciclopédia multimídia. O usuário escolhe ou entra com um tópico de pesquisa, e o aplicativo mostra uma lista de tópicos que atendem àquele termo. Cada tópico pode mostrar sub-opções adicionais, tais como um mapa de bits de uma pintura, um videoclip ou uma seleção de uma composição musical. Ligações a outros tópicos relacionados podem ser fornecidas a um nível de seleção de assunto ou de texto. A produção oferece ainda um caminho de retorno à imagem anterior ou ao nível de pesquisa original, como mostrado na figura 10:

O Sistema pode fazer escolhas automaticamente para o usuário, como no caso de títulos multimídia usados em ajudas sensíveis ao contexto (*context-sensitive*), como o Lotus SmartHelp para o 1-2-3 for Windows e o Multimídia Works, da Microsoft. A maioria das produções não lineares inclui algum grau de estrutura, apresentada freqüentemente como opção para guiar o observador. Por exigir interação mais complexa do que simplesmente iniciar e interromper uma, as produções não lineares, evidentemente não podem ser distribuídas em videotape.

Os aplicativos usados para criar produções multimídia não lineares são dirigidos por eventos. Numa produção não linear, um evento como o clique de um mouse ou o toque de um dedo num botão de controle numa janela faz com que a apresentação se mova para frente ou para trás.

Figura 10: A estrutura de uma típica produção multimídia não linear



Fonte : Jennings (1992, p. 420).

Programas dirigidos por tempo se fundamentam em um conjunto de modos organizados de forma conveniente. Um modo é o estado de um programa no qual as ações do usuário são interpretadas de forma específica produzindo um conjunto de resultados. Um programa orientado a eventos, por outro lado, permite que o usuário entre com dados na ordem que lhe parecer mais apropriada. (Norton, Yao, 1992, p. 10). Um evento ou mensagem acontece quando alguma coisa dentro do Windows muda. São usadas mensagens para sinalizar que um evento ocorreu ou que está por acontecer.

A maioria dos aplicativos de criação multimídia destinam-se a simplificar a criação de produções não lineares melhorando a interface com o usuário e adicionando ferramentas gráficas sofisticadas (Jennings, 1993, p. 421).

8.1 - Passos para produzir Multimídia

Os passos envolvidos no desenvolvimento de um sistema multimídia são basicamente os mesmos que para produções de Comerciais, Publicação e Promoção, Treinamento e Produtividade, etc a saber (Jennings, 1993, p. 424).

8.1.1 - Definição das Necessidades dos Usuários

8.1.2 - Equipe Multimídia

Uma equipe multimídia típica inclui o seguinte:

- Um produtor é o encarregado do processo inteiro, incluindo a seleção de outros membros da equipe.

- Artistas gráficos criam ou editam as imagens, estáticas e animadas a serem usadas na produção. Normalmente, os artistas gráficos selecionam os *video clips* a serem usados, especialmente se aqueles clips devem ser integrados com títulos e *overlays*.
- Um escritor cria o texto e *script* da narração. O escritor pode ainda especificar a música de background (ou talvez especificar composições) para acompanhar a narração. A narração determina as transições entre imagens se um aplicativo baseado em sucessão no tempo, linear, for empregado.
- Um engenheiro, um especialista ou um estúdio para gravar a trilha sonora em fitas de áudio ou em arquivos de áudio em forma de onda. A maioria dos estúdios de som empregam ou tem relacionamento com narradores, músicos e compositores profissionais.
- Um escritório de serviço de vídeo para realizar edição on-line do material de vídeo, se não se dispõe hardware e software de edição de vídeo profissional de alta qualidade. Para distribuir a produção em videotape, o escritório de serviço criará a fita mestre (*master*).
- Um escritório de serviço de CD-ROM para de preparação do *master* (*premastering*), do título em CD-ROM, para criar o CD-ROM final de teste e preparar a fita master a partir da qual as cópias serão feitas.
- Um equipamento de duplicação para duplicar a produção em CD-ROMs e *video cassetes*.

A edição de áudio e vídeo exige maior conhecimento técnico do que a maioria dos produtores iniciantes de multimídia possuem. A prática pode fornecer a experiência necessária para a criação.

8.1.3 - Projetando a Estrutura e o conteúdo

Projectar uma produção multimídia exige criatividade e conhecimento técnico. Sem criatividade, a produção não prenderá a atenção dos expectadores. Quanto à destreza técnica, combinações de cores escolhidas de forma pobre, gráficos enfadonhos e som de qualidade amadora prejudicam as produções multimídia, independentemente do quanto o conteúdo é importante ou interessante (Jennings, 1993, p. 426).

Um ponto positivo do uso da multimídia é que desperta a criatividade -quanto mais utilizações, mais idéias se tem sobre produtos que podem ser criados. Via de regra, o problema não está no que se fazer, mas sim como fazê-lo (Rosemborg, 1993, p. 246).

Os bons produtos de multimídia oferecem uma grande quantidade de informações. O usuário deve poder deslocar-se à vontade, explorar tópicos interligados e depois voltar à linha principal de pesquisa. Para proporcionar ao usuário este tipo de experiência enriquecedora, o software desenvolvido deve ser bastante “profundo”. Quando o aplicativo tem bastante abrangência mas nenhuma profundidade, o usuário logo tende a se sentir entediado e frustrado (Rosemborg, 1993, p. 247).

Se o aplicativo será basicamente orientado para multimídia, deve se tentar oferecer um número suficiente de seqüências de som animação ou vídeo que suporte informações sólidas e abundantes.

As imagens também são importantes. Os aplicativos de multimídia de alta qualidade devem ser bem-acabados em termos tanto de funcionamento quanto de aparência.

A melhor maneira de projetar uma produção multimídia é criar um mapa de seus elementos e funções (similar às Figuras 9 e 10).

8.1.4 - Estabelecimento de Padrões Uniformes de Projetos

Para criar mais de uma produção para uma organização, devem ser desenvolvidos conjuntos de padrões de projeto uniformes para *backgrounds*, gráficos (incluindo logotipos e tabelas), animações e música antes de se criar a primeira produção.

Outra vantagem da uniformidade é que podem se usados *backgrounds* e gráficos como gabaritos (*templates*) para produções futuras. Fazer edições menores num gabarito, ou mudar as legendas num gráfico ou tabela é um processo muito mais rápido do que recriar as imagens a partir de zero.

8.1.5 - Projetando Produções para o Modo do Display

As legendas de gráficos e tabelas legíveis facilmente num *display* VGA, se tornarão completamente ilegíveis num aparelho de televisão de tela larga ou num *display* RBG, ou projetada numa tela larga e vista de uma distância de 6 pés (1.80 mts) ou mais.

A maioria dos VCRs e monitores de televisão apresentam problemas ao mostrar cores contrastantes, altamente saturadas e linhas horizontais finas, que criam *buzz* (vibração) da imagem. Cores primárias altamente contrastantes são *defaults* para gráficos e tabelas criadas por aplicativos como Excel e o Microsoft Chart, e devem ser evitadas em *displays* RGB (Jennings, 1993 , p. 427). O uso inapropriado de cor pode prejudicar seriamente o funcionamento de uma aplicação em informática, e deve ser considerado detenidamente nas aplicações educativas. Devemos considerar,

portanto, uma série de fatores de tipo perceptivo e fisiológico aplicáveis à interface a homem-computador e os aspectos tecnológicos do dispositivo utilizado.

Entre os aspectos a serem considerados na interface homem-máquina podemos citar os seguintes (Martinez, Jimenez, Martin, 1992, p. 195):

- a) Aberração cromática do olho, que impede que se possa enfocar simultaneamente cores espectrais extremos como o azul e o vermelho. O programador de aplicações educativas deve evitar a presença de tais cores em uma mesma janela.
- b) As diferentes eficiências luminosas das cores que podemos utilizar, dita eficiência é maior para as longitudes de onda intermediárias antes do que para longitudes de onda das cores espectrais extremas. O programador de aplicações educativas deverá selecionar como cores do primeiro plano aquelas que tenham uma eficiência luminosa alta, devendo descartar portanto cores como o vermelho, o azul, o púrpura, etc.
- c) A distinta sensibilidade das diferentes zonas da retina para observar detalhes assim a sensibilidade da zona periférica da retina para o azul, faz que esta cor seja utilizada frequentemente como cor de fundo.
- d) O comportamento do olho humano ao observar áreas coloridas de pequeno tamanho. Dito comportamento se manifesta na forma de uma perda de saturação para áreas pequenas (menores de 3"). O programador de aplicações educativas deverá ter em conta este efeito quando este interessar na percepção de uma cor.
- e) A possível confusão entre cores. Deve-se levar em conta que entre 6% e 7% da população masculina possui deficiências de discriminação vermelho-verde, o mesmo acontecendo para 1% da população feminina.

Entre os aspectos a se ter em conta com respeito ao dispositivo físico podemos citar os seguintes (Martinez, Jimenez, Martin, 1992, p. 196):

- a) As características das cores primárias utilizadas em um monitor que podem ser muito diferentes das que se utilizam em outros sistemas de reprodução de cor e que limitam a gama de cores que podem ser obtidos.
- b) As limitações em luminância do monitor de cor.
- c) As características de resolução, persistência e frequência de *refresh* do sistema de vídeo utilizado.
- d) A posição em que se encontram os controles de “contraste”, “brilho” e “cor” do monitor utilizado, assim como o tempo transcorrido desde que se acendeu o monitor.

8.2 - Filosofias de operação de pacotes Multimídia

No Ensino Assistido por Computador EAC, a produção de software é facilitada pelos utilitários (tais como os sistemas geradores ou autores), desenvolvidos especialmente para apoiar aos pedagogos que geralmente são leigos ou novatos em informática. Estes softwares chamados de autoria, funcionam como integradores que unem os diversos conteúdos (textos, imagens, sons, etc.) para dar e tornar interativa a apresentação.

Para entender como funcionam esses pacotes de autoria, o ideal é agrupá-los segundo suas filosofias de operação.

8.2.1 - Pacotes baseados em telas

Nesses programas, o autor trabalha o tempo todo sobre reproduções exatas das telas que compõem o seu título multimídia. O termo usado para definir uma tela varia (Ex. O HyperCard usa o termo cartão, numa analogia na qual um programa é uma pilha de cartões; a metáfora de ToolBook e uma referência à mídia impressa: telas são páginas que, em conjunto, formam um livro). As peças fundamentais são campos e botões. Os campos são áreas reservadas para textos. Seus conteúdos podem ser fixos ou editáveis pelo leitor. Os botões são áreas sensíveis ao clique do mouse através das quais o autor oferece opções. Se o autor pretende oferecer opções de interação mais sofisticadas do que simples saltos de tela em tela, é preciso recorrer a scripts (programas embutidos nos objetos). O maior obstáculo à sua utilização por pessoas leigas é a necessidade de aprender uma linguagem de scripts.

8.2.2 - Programas de autoria baseados em ícones

Nesses ambientes, a construção lógica de um título é feita em um diagrama de ícones - chamado fluxograma -, e não com *scripts*. Esse esquema representa, de cima para baixo, a sequência de interações usuário-computador. Telas, sons, animações e opções de menu são representados por ícones interligados. As ligações mostram possíveis percursos interativos. A ação exata de cada ícone é definida usando uma caixa de diálogo. É ali que se definem, por exemplo, as imagens a serem exibidas, as regiões de tela a serem clicadas e as condições lógicas que determinam o fluxo da atividade. Assim o autor pode, num programa de treinamento, propor perguntas e oferecer

ao leitor um *feedback* apropriado para cada resposta. A idéia de criar programas através de ícones é bastante atraente, mas não livra ao autor de dominar a lógica formal que rege os computadores. O único alívio trazido pelos ícones é evitar a sintaxe das linguagens de script. Mas mesmo esse benefício é relativo, especialmente na plataforma Windows. Isso porque a integração de mídias dinâmicas (como som e vídeo) exige o domínio da obscura sintaxe dos comandos MCI, responsáveis pelo controle de todos os dispositivos multimídia. O modo de trabalhar desses sistemas coloca o aspecto visual do título em segundo plano. Na prática, *layouts* sofisticados precisam ser criados em programas de desenho e importados prontos. Isso exige idas e vindas do ambiente de autoria para aplicativos de pintura. Apesar disso, o IconAuthor e o AuthorWave são opções seguras, que tem evoluído para acompanhar os avanços multimídia.

8.2.3 - Sistemas Baseados em uma Linha de Tempo

Estes sistemas foram otimizados para lidar com mídias dinâmicas como animação, vídeo e áudio. A unidade de tempo é o *frame* (ou quadro) que pode representar uma tela estática ou um instante de uma animação. Os objetos controlados podem ser vídeos, sons ou botões e campos de texto. Quem deseja aprender a operar o MacroMedia Diretor por exemplo precisa antes dominar seu sofisticado sistema de animação. Todos os recursos interativos do programa são baseados naquele sistema e regidos pelo *score*, que é uma janela de trabalho do programa. Ao lado dessa janela o autor tem acesso ao *stage* (palco), uma reprodução da tela que será apresentada ao leitor. Ali os objetos gráficos são posicionados e animados interativamente. Além disso há um visor singular denominado *cast* (elenco), que exhibe todas as mídias incluídas no projeto sob a forma de pequenos ícones. Clicando sobre esses ícones o autor pode ouvir os sons, editar os textos e retocar as imagens.

8.2.4 - Ambiente Integrado

É uma coleção de aplicativos. Por exemplo, no *Multimedia Viewer Publishing Toolkit* (VPT), paradoxalmente, o módulo principal não está incluído no pacote: é o Microsoft Word. Assim como o fluxograma é o centro do trabalho de autoria no IconAuthor, a estrutura de um título do Viewer é montada sobre um arquivo de texto padrão .RTF. Com o auxílio de macros especiais, o autor aplica sobre o texto marcações que posteriormente se transformam em imagens, sons, botões e palavras-chave para busca. Entre os aplicativos incluídos no VPT o autor encontra um editor de desenhos, outro para sons e outro para uniformizar paletas de cores. O Hot Spot Editor é um utilitário para a marcação de áreas sensíveis ao *mouse* em figuras. Para ver como está ficando sua criação, o autor precisa listar todo o seu material num aplicativo chamado Project Editor e depois submeter os arquivos ao Viewer Compiler. Este último é responsável pelo processo de compilação que combina todos os dados em num único arquivo .MVB, que pode ser exibido pelo aplicativo Viewer propriamente dito. Só programadores profissionais são capazes de suportar esse ciclo de operação pouco amigável. Mas a possibilidade de indexar grandes volumes de texto transforma o VPT na única opção viável para a produção de enciclopédias e livros eletrônicos de grande extensão.

8.3 - O modelo proposto

Segundo exposto no capítulo 4, os objetos são uma forma de representação do conhecimento similar a utilizada pelos humanos, exelentes para manipular o conhecimento em

aplicações da computação à docência, pois facilitaram a realização de explicações, a planificação das ações e a simulação dos processos que ocorrem no domínio do conhecimento representado.

Os objetos da caixa de utilitários para uma aplicação em sistemas de informação e formação em multimídia são divididos da seguinte forma (Lustosa, 1993, p. 215):

- A representação externa dos objetos multimídia (objetos de interface e objetos mediáticos).
- A definição dos modelos que serão usados para a criação dos objetos pedagógicos multimídia.

O modelo proposto por esta pesquisa, incorpora devidamente todos estes objetos.

No apêndice C, encontra-se a análise baseada em objetos com notação no estilo Coad & Yourdon (Coad, Yourdon, 1991) onde é descrito o modelo básico, proposto, de um Sistema Gerador de Materiais Educativos Computadorizados num Ambiente de Multimídia, com seus subsistemas Classes&Objetos e o inter relacionamento entre as mesmas. Os assuntos (Coad, Yourdon, 1991) de nosso modelo são os seguintes:

8.3.1 - Assunto Curso

Este assunto é composto pelas seguintes Classe&Objetos que descreve-se do nível superior ao nível inferior:

Curso

Módulo

Lição

Janela

Texto

Som

Botão

Imagem

Digitalizada

Estática

Dinâmica

Programada

Desenhada

Este subsistema deve permitir aos usuários dependendo de sua classificação (usuário administrativo, instrutor ou estudante) as funções de criar um curso, modificar e apagar além de permitir seu uso na modalidade de aplicação.

Este subsistema deve ser desenvolvido de maneira que permita incorporar os objetos "mediáticos" na construção do curso, mediante a utilização de uma ferramenta ou caixa de utilitários totalmente transparente para o usuário leigo.

Os atributos e serviços de cada classe&objeto estão definidos na própria análise sendo que foi adotada a nomenclatura húngara (Norton, Yao, 1991) para descrevê-los.

8.3.2 - Nível de Indivíduo

Este assunto está composto de todos os indivíduos que podem ser usuários estudantes, instrutores e administrativos, enumerados a seguir de acordo com a sua estrutura hierárquica:

Indivíduo

Usuário

Prova

Estereótipo

Acadêmico

Estratégia do Indivíduo (EstInd)

Conhecimentos do Indivíduo (Conind)

Estado de Conhecimento do Indivíduo(EstConInd)

Administrativo

Instrutor

InstSuporte

Suporte

Histórico

Este subsistema deve permitir o registro dos dados de cada tipo de usuário a nível individual e a nível de dados estatísticos que o sistema em geral usará em seu funcionamento cotidiano.

8.3.3 - Assunto Avaliação

Este assunto está definido nas seguintes classes e objetos descritos de forma estruturada.

Avaliação

Perguntas

Respostas

Descrição

Simulação

Este subsistema deve permitir a criação das bases de conhecimento e de dados para realizar a avaliação dos estudantes assim como para sua prototipagem inicial. Este subsistema deve também permitir a classificação dos estudantes para que o sistema possa aplicar o curso de acordo com o protótipo de cada um deles.

8.4 - Delineando a construção de um protótipo

A programação gráfica no Windows é diferente por três razões básicas (Heiny, 1993, p.

1)

- Os programas são organizados em torno de eventos.
- Os recursos do computador são compartilhados entre as aplicações.

- Os programas não manipulam diretamente os dispositivos (como a tela).

O Windows é orientado para objetos. Todos os elementos da sua interface, como janelas, barras de rolamento, diálogos, etc., são organizados como objetos. Assim como os objetos no C++, um objeto no Windows geralmente tem os dados e a sua funcionalidade. Por exemplo, um botão OK em uma caixa de diálogos pode chamar uma função que verifica os dados entrados pelo usuário e copiando-os para um conjunto de variáveis (Heiny, 1993, p. 4).

O ambiente Windows oferece uma série de facilidades para a utilização de recursos multimídia através de sua interface gráfica poderosa. A única restrição que podemos fazer ao Windows é que "se o Windows é bom para o usuário final não o é da mesma forma para o programador" (Petzold, 1993).

O sistema proposto nesta pesquisa, deve ter os seguintes componentes:

- o programa executável desenvolvido em **C++ FOR WINDOWS**
- o programa fonte com seus respectivos arquivos de inclusão e definição
- o arquivo de recursos.
- o arquivo de ícones

A interface cria as janelas que servem de base para a criação da janela de apresentação do curso que, contendo texto, imagem e som, são apresentadas ao usuário estudante.

O sistema deve funcionar em dois modos : o modo professor e o modo estudante. o modo professor deve habilitar todos os menus do sistema a fim de que o curso possa ser gerado e o modo estudante para que o mesmo possa ser aplicado.

Ao final de cada tarefa do professor a função destrutora deve tornar os objetos persistentes salvando-os em um arquivo cujas definições estão fornecidas no trabalho de planejamento das bases de dados.

Finalmente, cabe destacar, que como se observasse neste capítulo, a formulação de um protótipo de EIAC, segundo Corredor (1989, p. 46), não é uma tarefa fácil de ser realizada, senão mediante a aquisição de experiência e o desenvolvimento gradual dos protótipos de seus diferentes subsistemas.

9 - CONCLUSÃO E SUGESTÕES

9.1 - Conclusão

A principal preocupação da pesquisa foi estabelecer um modelo que pudesse gerar Materiais Educativos Computadorizados em Ambientes Multimídia.

A criação de sistemas didáticos inteligentes é um assunto complexo que demanda o concurso de diversas fontes de experiências. É por isso que, para o desenvolvimento desta classe de sistemas, se mostra conveniente empregar o método de trabalho em equipe multidisciplinar, que inclua especialistas nos campos da pedagogia, da psicologia educacional, de especialistas na matéria objeto de estudo, de técnicos em projeto gráfico e artístico, programação de computadores, multimídia e gerência de projetos.

O desenvolvimento de sistemas como o que se pretendeu modelar nesta pesquisa, deve ser focado sob a óptica de projeto de Unidades Básicas de Conhecimento, que - de forma agregadora, - facilitem a operatividade dos distintos níveis de abstração, permitindo a formação integral de todas as fases do processo cognitivo interessado.

As novas tecnologias disponíveis devem ser usadas para:

- Captar a atenção do aluno, motivá-lo ao estudo e reforçar sua aprendizagem, mediante o uso iterativo dos diversos recursos, proporcionando uma visão global dos conceitos básicos, convertendo o estudo em algo vivo para o estudante.
- Subministrar a educação a distância, fazendo-a chegar a todos os lugares, abrindo os caminhos para o emprego da aula eletrônica.

Há que se proporcionar uma educação básica que chegue às zonas desprovidas de recursos. Este fato sugere que não se possa utilizar os meios convencionais. Todo homem tem direito à educação.

O ensino com a presença do professor deve ser ajustado de forma a se aumentar as horas dedicadas ao trabalho pessoal do aluno, reforçando o aspecto prático do ensino sem detrimento do nível teórico.

É primordial insistir-se em uma educação contínua, aberta, a distância e personalizada, que permita ao indivíduo a atualização e adequação de conhecimentos ao longo de toda sua vida profissional.

A ação institucional e pessoal não pode estar desligada de uma política nacional que fomenta o melhoramento da educação aproveitando as oportunidades oferecidas pela informática educativa. Esta política deve tornar possível uma concentração de esforços na qual as distintas entidades possam contribuir para este melhoramento assumindo cada uma seu papel, racionalizando-se o esforço necessário.

Como consequência, devem ser desenvolvidos novos sistemas pedagógicos, que permitam:

- A redução de horas em aula sem detrimento do nível de educação;

- A flexibilização do ensino;
- A criação de um material iterativo e modular;
- Auto-avaliação e controle pelo aluno, para determinar o nível alcançado.

A interdependência entre educação e competitividade industrial é tão estreita que não se pode incrementar a última sem se dar uma importância capital à primeira. A natureza desta relação muda de acordo com o ritmo das mutações tecnológicas e com o crescimento da concorrência mundial associada a elas.

Nesta pesquisa, pretendeu-se fundamentar a conveniência da representação de conhecimentos mediante objetos, determinando-se a via para obter a representação, (questão que pode ser útil para desenvolver um projeto similar em outra área de aplicação), havendo-se realizado também a formulação teórica da representação.

Os tipos de produtos que estão sendo desenvolvidos baseiam-se nos paradigmas tradicionais da mídia ou do software; um novo modelo de desenvolvimento usando os recursos de mídia ainda deverá ser estabelecido. De certa forma, este novo modelo deverá evoluir naturalmente a partir das necessidades do mercado.

9.2 - Sugestões para trabalhos futuros

Estudos locais e regionais sobre necessidades educativas por nível (primeiro grau, segundo grau, terceiro grau) e por áreas de conteúdo (ciências naturais e exatas, ciências sociais,

idiomas, arte, etc.) que convém tratar de atender com apoios informáticos. A racionalização de esforços locais, regionais ou nacionais para a disposição e uso de MECs depende, em primeira instância, de que haja informação sobre a problemática que deve ser resolvida de forma prioritária.

Formulação de planos de trabalho aos níveis local, regional e nacional em informática educativa, a partir da priorização das necessidades desejáveis de atender com apoios educativos computadorizados.

Promoção de esforços em investigação e desenvolvimento para criar e submeter à prova ambientes educativos computadorizados que respondam à necessidades prioritárias.

É fundamental que a criação de ambientes educativos apoiados com computador estejam fundamentados em conhecimentos acerca de como propiciar melhor a aprendizagem desejada e que se superem as falhas detectadas. Também é de suma importância uma investigação de base sobre métodos e ferramentas computacionais que permitam fazer o uso mais eficiente do recurso computacional.

Por outro lado, não basta criar os MECs. Se necessita submeter a prova as distintas opções educativas que oferece um ambiente educativo computadorizado, a partir de trabalhos com estudantes e professores representativos dos destinatários, com o objetivo de criar MECs e formas valiosas de usá-los e descartar aqueles que não o são.

Desenvolvimento de experiências piloto no uso de MECs, como preâmbulo à massificação de soluções educativas apoiadas por computador. Estas experiências devem ser feitas em ambientes educativos computadorizados, nos quais se possa aprender acerca de sua efetividade e eficiência assim como das condições associadas.

Criação de sistemas de informação sobre MECs e suas qualidade. Se algum sistema de informação se justifica com respeito a MECs, é um que contenha dados sobre MECs disponíveis para

cada uma das áreas de conteúdo e níveis educativos, contendo, além de sua ficha técnica (entre outras coisas: quem o fez, onde e como pode ser conseguido, que conteúdo aborda, em que tipo de equipamento se pode utilizar), sua ficha educativa, que se indique para que serve, se pode ser usado desta ou daquela maneira, assim como a forma como o MEC foi avaliado e os ambientes em que convém usá-los.

É necessário (no futuro e o será para este sistema) desenvolver um módulo de controle e acesso à base de dados de conhecimentos e o projeto de um meta controle, que permita incrementar ou decrementar certas relações de associação e de cooperação, contribuindo assim para a realização de um modelo de aluno.

Para o desenvolvimento de um sistema como o proposto, é previsível que as maiores dificuldades estejam localizadas no campo da psicologia educativa, já que não se dominam em grau suficiente a maneira de aprender do estudante e a elaboração de um modelo de seus conhecimentos.

10 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDERSON, J. R. y BOWER, G. A. *Memoria asociativa*. México: Editoria Limusa, 1976.

ARTEZ, Gómez M., GOMEZ, García, E. GARCIA, Prada, J.C. *Desarrollo de um sistema de transmisión de datos como apoyo a la enseñanza a distancia de diseño asistido por ordenador*. CONGRESO "COMPUTADORA EDUCACIÓN Y SOCIEDAD", 1, Santo Domingo, 1992. Anais... : Santo Domingo: CYTED-D, 1992. Tomo III, p. 123-128.

BALBOA, Roberto, PRIETO, Manuel, LORET DE MOLA, Gustavo, REIG, Ramón. *Newton T: um sistema de producción de entrenadores y tutores inteligentes*. CONGRESO "COMPUTADORA EDUCACIÓN Y SOCIEDAD", 1, Santo Domingo, 1992. Anais... : Santo Domingo: CYTED-D, 1992. Tomo III, p. 84-93.

BASSI, Silvia. *Bem-vindo à nova era*. Informática Exame Especial, São Paulo, p. 7, maio, 1994a.

BASSI, Silvia. *Um furação chamado multimidia*. Informática Exame Especial, São Paulo, p. 11, maio, 1994b.

BASSI, Silvia. *A sua Próxima Estação*. Informática Exame Especial, São Paulo, p. 18, maio, 1994c.

BELTRAN, Thierry, BESSAGNET, Marie-Noëlle, CANUT, Marie Françoise, GOUARDÉRES, Guy. *Une approche genie logiciel pour produire des tuteurs intelligents*. Toulouse, Université Paul Sabatier/API 50, 1989.

- BOOCH, Grady. *Object Oriented Design with applications*. California : The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc. Redwood City. 1991. 600 p.
- CARBONELL, J.R. *IEEE Transactions on man machine systems*, v. 11, m. 4, p. 202, 1990.
- CEBALLOS, Sierra Francisco Javier. *Curso de programación C++*. Programación orientada a objetos. Madrid: RA-MA Editorial, 1991. 780 p.
- CIBYS, W. A. *A identificação dos objetos das interfaces homem-computador e de seus atributos ergonômicos*. Florianópolis, 1991. (Projeto de tese para qualificação ao doutorado no curso de pós-graduação em Engenharia de Produção na UFSC).
- CHAVES, Eduardo O.C. *Multimídia. conceituação, aplicações e tecnologia*. Campinas: People Computação, 1991. 204 p.
- CHAVES, O.C. Eduardo. *Informática na educação: uma experiência brasileira*. Conferência proferida no XVIII CONGRESSO NACIONAL DE INFORMÁTICA DA SOCIEDADE DE USUÁRIOS DE COMPUTADORES E EQUIPAMENTOS SUBSIDIÁRIOS - SUCESU, São Paulo, 1985. Reimpressa, em parte, como "O Computador na Educação", em **Educação e Informática: Projeto EDUCOM** - Ano I, p. 11-28.
- COAD, Peter, YOURDON, Edward. *Análise Baseada em objetos*. Rio de Janeiro: Editora Campus Ltda, 1992. 225 p. (Série Yourdon Press).
- COAD, Peter. YOURDON, Edward. *Projeto Baseado em Objetos*. Rio de Janeiro: Editora Campus Ltda, 1993. 195 p. (Série Yourdon Press).
- CORREDOR, M. Martha Vitalia. *Sistemas Tutoriales Inteligentes*. **Boletín de Informática Educativa**. Bogota, v. 2, n. 1, p. 40-49, 1989. (Proyecto SIIE).
- DIAZ, Diaz Hugo. *La educación es una prioridad nacional*. SEMINARIO: "PERU DESAFIO DEMOCRATICO, BASES DEL PROYECTO NACIONAL HACIA EL SIGLO XXI", 1, Lima, 1993. **Anais...** Lima: Editora La República, set. 1993. 268 p.
- ESCOBAR, Melo Hugo, HERNANDEZ, Medina Hugo. *Uso innovativo de la informatica en educación: los sistemas de información. una posibilidad?*. CONGRESO : "COMPUTADORA EDUCACIÓN Y SOCIEDAD", 1, Santo Domingo, 1992. **Anais...** : Santo Domingo: CYTED-D, 1992. Tomo III, p. 432-455.

- EMBLAY, David W, KURTZ, Barry D., WOODFIELD, Scott N. *Object-Oriented Analysis - a model-driven aproach*. New Jersey: Yourdon Press, 1992.
- FERNANDEZ, M.; KUMPEL, D. LOPEZ DA RICA, A., DA VILLA, A. *Multimedia e pedagogia, um binomio actual. ?*. CONGRESO : "COMPUTADORA EDUCACIÓN Y SOCIEDAD", 1, Santo Domingo, 1992. Anais... : Santo Domingo: CYTED-D, 1992. Tomo II, p. 333-347.
- FERNANDEZ , M. *Educación y nuevas tecnologias. tendencias actuales*. SEMINARIO "EL USO DEL ORDENADOR EN LA ENSEÑANZA. IMPACTO DE LAS NUEVAS TECNOLOGIAS", 1, Madrid, feb. 1992.
- FERRARI, Quiñe Cesar. *Hace falta una política industrial coherente*. SEMINARIO: "PERU DESAFIO DEMOCRATICO, BASES DEL PROYECTO NACIONAL HACIA EL SIGLO XXI", 1, Lima, 1993 . Anais... Lima: Editora La República, Set. 1993. 268 p.
- FIALHO, Pereira Francisco Antonio. *A modelagem cognitiva na concepção de sistemas de produção*. Florianópolis, 1991. 235 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção - Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas) - Universidade Federal de Santa Catarina.
- FISHLER, Martin. A. FIRSCHEIN, Oscar. *Intelligence. The eye, the brain, and the computer*. Massachusetts: Addison-Wesley Publishing Company, 1987. 331 p.
- FORD, L. *Intelligent computer aided instruction in artificial intelligence: Human effects*. Londres: Ellis Hardwood Limited, 1984.
- FRANCIOSI, R. Tavares Beatriz. TAVARES, Beatriz. *O ensino e o computador no ensino*. CONGRESO : "COMPUTADORA EDUCACIÓN Y SOCIEDAD", 1, Santo Domingo, 1992. Anais... : Santo Domingo: CYTED-D, 1992. Tomo I, p. 44-53.
- GALVIS, Panqueva Alvaro. H. *Materiales educativos computarizados: Ocasión para repensar los ambientes educativos?*. CONGRESO : "COMPUTADORA EDUCACIÓN Y SOCIEDAD", 1, Santo Domingo, 1992. Anais... : Santo Domingo: CYTED-D, 1992. Tomo I, p. 245-276.
- GARCIA, Gonzales Edelia. *Representación del conocimiento apropiada para aplicaciones de la computación a la enseñanza*. CONGRESO : "COMPUTADORA EDUCACIÓN Y SOCIEDAD", 1, Santo Domingo, 1992. Anais... : Santo Domingo: CYTED-D, 1992. Tomo III, p. 103-113.

- HARMONG, Paul. KING, David. *Sistemas especialistas. Inteligência Artificial chega ao mercado*. Rio de Janeiro : Editora Campus Ltda., 1988. 304 p.
- HEINY, Loren. *Programação gráfica para Windows com Borland C++*. Rio de Janeiro : Livros Técnicos e Científicos Editora Ltda., 1993. 495 p.
- IGUÍÑIZ, Javier. *Transformar antes que transportar*. SEMINARIO: "PERU DESAFIO DEMOCRATICO, BASES DEL PROYECTO NACIONAL HACIA EL SIGLO XXI", 1, Lima, 1993 . Anais... Lima: Editora La República, Set. 1993. 268 p.
- JENNINGS, Roger. *Windows 3.1 Multimidia - ferramentas poderosas*. Rio de Janeiro : Berkeley Brasil Editora. 1993. 666 p.
- JURAN. J. M. GRYNA, Frank M. *Controle de qualidade, conceitos, políticas e filosofia da qualidade - Handbook*. Rio de Janeiro : Markon Books - Mc Graw-Hill, 1990.
- KURI, Pavan Nidia. *Metodologia do ensino de engenharia. Abordagens do processo de ensino aprendizagem*. São Paulo. Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos. Centro de Tecnologia Educacional Para Engenharia. Departamento de Hidráulica e Saneamento. 1993.
- KURI, Pavan Nidia, GIORGETTI, Marcius F. *Metodologia do Ensino de Engenharia. Estilos de Aprendizagem e Estilos de Ensino*. São Paulo. Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos. Centro de tecnologia Educacional para Engenharia Departamento de Hidráulica e Saneamento. 1993.
- LOBATO, Regina Marcia Fraga. *Comunicação homem (máquina) máquina = computação gráfica + sistemas multimídia*. Revista Tecnológica, p. 48-58. Dez. 1992.
- LUSTOSA, Viera Luis. *Uma Méthodologie de Conception et de Mise em Ceuvre des Systèmes D'Information et de Formation Multimédia pour la Gestion D'Enterprise*. Toulouse I, 1993. 293 p. These (Doctorat en Sciences de Gestion) - Université des Sciences Sociales de Toulouse. Francia.
- MAESTRO, Oliver Yolanda, FERRER, Rodriguez Araceli. *Desarrollo de software educativo con soporte hipertexto. Orientado a estudiantes con parálisis cerebral. Tema: el cosmos*. CONGRESO : "COMPUTADORA EDUCACIÓN Y SOCIEDAD", 1, Santo Domingo, 1992. Anais... : Santo Domingo: CYTED-D, 1992. Tomo III, p. 52-60.

- MANDELL, Lewis. *Interactive video: The low-cost use of appropriate technology*. **Instruction Delivery Systems**, p. 39-40. may/jun. 1990.
- MARIATEGUI, Jose Carlos. *Sete ensaios de interpretação da realidade peruana*. São Paulo : Editora Alfa-Omega, 1975.
- MATURANA, R. Humberto. VARELA, G. Francisco. *De máquinas y seres vivos - una teoría sobre la organización biológica*. Santiago de Chile : Editorial Universitaria S.A., 1972. 121 p.
- MATURANA, R. Humberto. *Emociones y lenguaje en educación y política*. Santiago de Chile : Editorial Universitaria S.A. 1992. 98 p. (Colección Hachette/Comunicación - Centro de Estudios del Desarrollo - CED)
- MERCADO, Leopoldo Luis Paulo. *Proposta de uma metodologia voltada ao ensino de informática no nível superior*. CONGRESO : "COMPUTADORA EDUCACIÓN Y SOCIEDAD", 1, Santo Domingo, 1992. **Anais...** : Santo Domingo: CYTED-D, 1992. Tomo I, p. 285-301.
- MERCADO, Jarrín Edgardo. *Cultura castrense para la democracia*. SEMINARIO: "PERU DESAFIO DEMOCRATICO, BASES DEL PROYECTO NACIONAL HACIA EL SIGLO XXI", 1, Lima, 1993 . **Anais...** Lima: Editora La República, Set. 1993. 268 p.
- MERCADO, Jarrin Edgardo. *Perú ante nuevos desafíos*. SEMINARIO: "PERU DESAFIO DEMOCRATICO, BASES DEL PROYECTO NACIONAL HACIA EL SIGLO XXI", 1, Lima, 1993 . **Anais...** Lima: Editora La República, Set. 1993. 268 p.
- MIELKE, Fernando L. *Ensino assistido por computador - algumas considerações teóricas da ergonomia e da inteligência artificial num ambiente hipertexto*. Florianópolis, 1991. 112 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção - Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas) - Universidade Federal e Santa Catarina.
- MILLER, G.A. "The magical number seven, plus or minus two: some limits on our capacity for processing information". **Psychological Review**, mar, 1963.
- MILLER, G.A. "The Magical Number Seven After Fifteen Years". *Studies in Long-Term Memory*. New York : Editado por A. Kennedy Wiley, 1975.

- MORENO, Armella Luis. *Visualización y recursividad: un enfoque computacional*. CONGRESO : “COMPUTADORA EDUCACIÓN Y SOCIEDAD”, 1, Santo Domingo, 1992. Anais... : Santo Domingo: CYTED-D, 1992. Tomo II, p. 166-184.
- NORTON, Peter. YAO, Paul. *Programando em Borland C++ para Windows*. Rio de Janeiro : Ed. Berkeley. 1992. 584 p.
- PASSOS, Lopes Emmanuel. *Inteligência Artificial e Sistemas Especialistas ao alcance de todos*. Rio de Janeiro : Sociedade Cultural e Beneficente Guilherme Guinle. LTC - Livros Técnicos e Científicos Editora. 1989. 196 p.
- PASKE, C. F. Richard. *Hipermedia: A progress report. part2: interactive videodisc*. T.H.E. Journal: Thecnological Horizons in Education, v. 18, n. 2, p. 90, Sept. 1990.
- PEREZ, Gama Alfonso. *Innovaciones educativas e informática: Nuevas pedagogías, conocimientos e inteligencias*. CONGRESO : “COMPUTADORA EDUCACIÓN Y SOCIEDAD”, 1, Santo Domingo, 1992. Anais... : Santo Domingo: CYTED-D, 1992. Tomo II, p. 195-228.
- PETZOLD, Charles. *Programando para Windows 3.1*. São Paulo : Ed. Markon Books, 1993. 1033 p.
- PIAGET, Jean. *Seis estudios de psicología*. Barcelona : Barral Editores S.A. 1971. 199 p.
- PICARD, Muriel, BRAUN, Guilles. *Les logiciels éducatifs*. Paris : Presses Universitaires de France. 1987. (Collection Que sais-je?).
- PULEO, P. Francisco. *Representación del conocimiento mediante alógrafos*. CONGRESO : “COMPUTADORA EDUCACIÓN Y SOCIEDAD”, 1, Santo Domingo, 1992. Anais... : Santo Domingo: CYTED-D, 1992. Tomo II, p. 298-313.
- RICH, Elaine, KNIGHT, Kevin. *Inteligência Artificial*. Rio de Janeiro : Makron Books do Brasil Editora Ltda., 2 ed, 1994. 722 p.
- RICHARD, Jean-François. *As atividades mentais. compreender, raciocinar e encontrar soluções*. Florianópolis : Ed. UFSC. 1993.
- RIGHI, Carlos Antonio Ramirez. *Aplicação de recomendações ergonômicas ao componente de apresentação da interface de softwares interativos*. Florianópolis, 1993. 99 p. Dissertação

(Mestrado Engenharia de Produção - Departamento de Engenharia de Produção) -Universidade Federal de Santa Catarina..

- ROCHA, Heloisa Viera da. *"Uso de representações computacionais no ensino e aprendizagem de processos e conceitos abstratos"*. CONGRESO : "COMPUTADORA EDUCACIÓN Y SOCIEDAD", 1, Santo Domingo, 1992. Anais... : Santo Domingo: CYTED-D, 1992. Tomo II, p. 185-194.
- RODRIGUEZ-IZQUIERDO, G. *Alocución al "senado académico" de Universidad Pontificia de "Comillas"*. Madrid. Abril, 1991.
- ROSENBORG, Victoria. *Guia de Multimidia*. Rio de Janeiro: Berkeley Brasil Editora, 1993. 466 p.
- ROSENTHAL, Steve. *"A peek at the competition"*, PC Magazine, v. 9, n. 13, p. 162, July 1990.
- SANTOS, Neri dos. *Ergonomia Cognitiva..* Florianópolis, Departamento de Eng. de Produção e Sistemas. Universidade Federal de Santa Catarina, 1992. (Notas de Aula).
- SAVIANI, Dermeval. *Pedagogia histórico-crítica: primeiras aproximações*. São Paulo : Editora Cortes e Editora Autores Associados, 1991. 79 p.
- SCAPIN, D. L. *Guide ergonômique de conception des interfaces homme-maquine*. Rocquencourt: INRIA, 1986. (Rapport Techniques, n. 77).
- SENI, Zambrano Giovani. *Los objetos estructurados para el diseño y desarrollo de sistemas de ejercitación y práctica*. Boletín de Informática Educativa. Bogotá. Proyecto SISE. 1989. p. 29-39.
- SHANK, Roger. *The cognitive computer*. New York: Addison Wesley Publications Company Inc., 1987.
- SHEEN, Tom. *"A Multimidia chegou lá"*. Exame Informática, v. 6, n. 5, p. 50, 01/maio 1991.
- SILVIO, F. José. *Informática, gestión de conocimiento y calidad en la educación superior*. CONGRESO : "COMPUTADORA EDUCACIÓN Y SOCIEDAD", 1, Santo Domingo, 1992. Anais... : Santo Domingo: CYTED-D, 1992. Tomo II, p. 466-479.
- TARDY, Michel. *O professor e as imagens*. São Paulo : Editora Cultrix e Editora da Universidade de São Paulo. Brasil. 1976.

- TAVARES, Valadares Luis. *Integração dos computadores nas escolas: problemas e estratégias*. CONGRESO : "COMPUTADORA EDUCACIÓN Y SOCIEDAD", 1, Santo Domingo, 1992. Anais... : Santo Domingo: CYTED-D, 1992. Tomo II, p. 491-497.
- TAVARES, Valadares Luis. *Micro-computers for educational planning and management in a period of change: from data information*". "INTERNATIONAL CONGRESS ON PLANNING AND MANAGEMENT OF EDUCATIONAL DEVELOPMENT", 1, Mexico, 1991. Anais ... Mexico : UNESCO, 1991.
- VALENTE, José Armando[org]. *Computadores e conhecimento. repensando a educação*. Campinas : UNICAMP, 1993. 1993. 418 p.
- TWAY, Linda. *Multimídia para novos usuário*. Rio de Janeiro. Berkeley Brasil Editora. 1993. 274 p.
- WAH, Benjamin, W, GUO-JIE, Li. *Computers for symbolic proccessing*. Proceeding IEEE. v. 77, n. 4, 1989.
- WERTHEIMER, M. *Productive thinking*. New York: Harper and Row. 1959.
- WINBLAD, Ann. L. EDWARDS, Samuel D. KING, David R. *Software orientado ao objeto*. São Paulo : Makron Books de Brasil Editora Ltda, 1992. 314 p.
- YOUNG, Robert L. *An Object-Oriented framework for interactive data graphics*. OOPSLA Proceedings. USA, Oct., 1987.

11 - BIBLIOGRAFIA

- BARTHET, Marie. *France logiciels interactifs et ergonomie: modeles, méthodes de conception*. Paris: Bordas, 1988.
- FLORES, Fernando, WINOGRAD, Terry. *Hacia la comprensión de la informática y la cognición. ordenadores y conocimiento: fundamentos para el diseño del siglo xxi*. Barcelona: Editorial Hispano Europea S.A., 1989. 266 p.
- JOYCE, Bruce R., WEIL, Marsha. *Models of teaching*. New Jersey: Prentice-Hall Inc. Edition, 1986.
- MATURANA, Humberto R., VARELA, Francisco G. *El arbol del conocimiento*. Santiago de Chile: Editorial Universitaria, 1984. 171 p.
- MATURANA, Romesín Humberto. *Desde la biología a la psicología*. Viña del Mar : Editorial Synthesis, 1993. 241 p.
- MATURANA, Romesín Humberto, VERDEN-ZÖLLER, Gerda. *Amor y juego. Fundamentos olvidados de lo humano*. Santiago de Chile: Editorial Instituto de Terapia Cognitiva, 1994. 241 p.
- MICROSOFT CORPORATION. *Microsoft windows. Version 3.1. Operating system. User's guide*. California : Microsoft, 1990. 650 p.
- PIAGET, Jean. *Education and instruction*. Buenos Aires: Ed. Proteo, 1970.

- SHANK, Roger. *The cognitive computer*. New York : Addison Wesley Publication Company, 1984.
- VIGOTSKI, L.S., LURIA, A.R., LEONTIEV, A.N. *Linguagem, desenvolvimento e aprendizagem*. São Paulo : Ícone. 1988. 228 p.
- WATERMAN, Donald. *A guide to Expert Systems*. New York : Addison-Wesley Publishing Company Inc, 1986. 419 p.

12 - ANEXOS E APÊNDICES

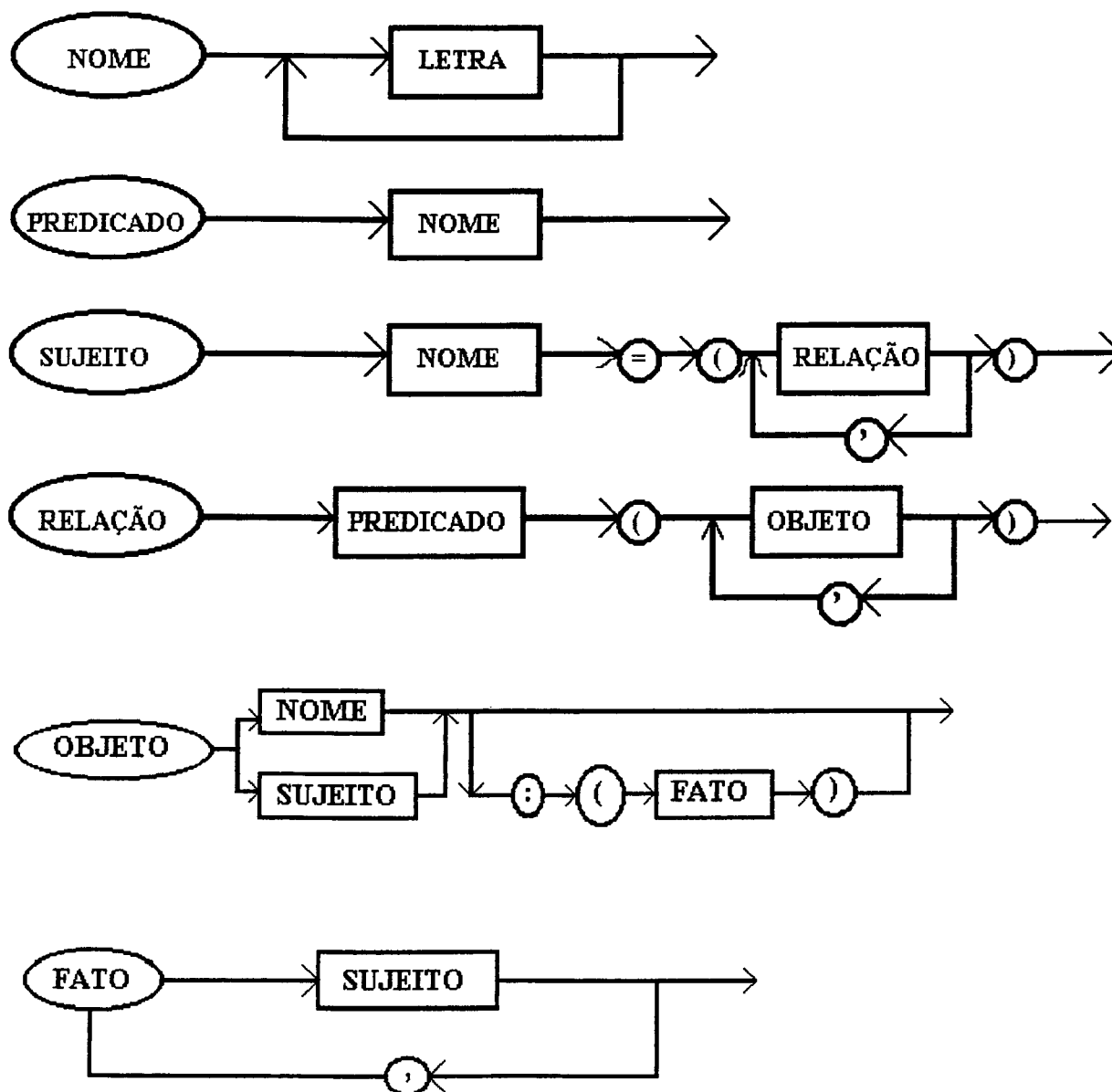
ANEXO A

Definições Lingüísticas Típicas

TIPO CLASSE	PREDICADO	EXEMPLO
	É um (a) _____ é uma classe de _____ são _____	cão / animal baleia / mamífero gatos / quadrúpedes
PROPRIEDADE	é _____ tem _____ é de _____ está _____	tarde / bela homem / dinheiro mesa / madeira sopa / quente
ESPACIAL	está em _____ está em cima de _____ está sob o _____ está próximo a _____ está dentro de _____	prato / mesa papel / livro janela/ teto poste / esquina sapato / caixa
ESTRUTURA	é parte de _____	perna / mesa
FUNÇÃO	se utiliza para _____ necessita _____ é para _____	martelo / pregar beber / vaso porta / entrar
COMPARAÇÃO	é como _____ semelhante a _____ é maior que _____	mulher / mariposa atributo / variável elefante / cão
ORIGEM	vem de _____ é fato de _____ se produz em _____	lã / ovelha queijo / leite livro / imprensa
ORDEM	precede a _____ segue a _____	segunda / terça dor / golpe
RELAÇÃO	relativo a _____ relacionado com _____ depende de _____ em função de _____ referido a _____	pensamento / mente filial / filhos João / Pedro exame / idéia estar / existir
ATIVIDADE	ação de _____	desatar / soltar
CAUSA	a causa de _____ causante de _____	tímido / temor matar / infelicidade
EFEITO	efeito de _____ resultado de _____	pensamento / pensar suicídio / droga

ANEXO B

Diagramas Morfosintáticos dos Alógrafos



1.- (:) Leia-se PORTANTO

ENTÃO _ LOGO

2.- Quando existem vários parênteses direitos))))))) se pode substituir somente por dois)) com o fim de simplificar sua representação.

APÊNDICE A

GLOSSÁRIO DE TERMOS

ADC	Conversor Converte som analógico para informação digital; recurso de uma placa Conversor de som MPC.
Amostragem	Número de “exemplos” de som que a placa de som lê por segundo; medido em kilohertz (Khz); o padrão MPC exige que uma placa de som tenha pelo menos uma amostragem de gravação de 11Khz e uma amostragem de reprodução de 11 o 22 Khz.
Animação baseada	Animação que envolve a criação e controle de objetos individuais (“membro objeto” ou “objeto”) em objeto que se movem.
Animação	Refere-se a imagens gráficas em movimento; envolve geralmente a simulação do movimento por mostrar sequencialmente várias figuras com a progressão de um movimento.
Armazenamento	Os meios com que a informação é gravada quando o computador é desligado; pode significar discos magnéticos (disquetes ou rígidos) que permite acrescentar informação, ou discos óticos (como um CD-ROM) que não permitem gravar arquivos neles.
Arquitetura	O design e estrutura globais do computador.
Arquivo wave	Um arquivo de som com um formato particular que é gravado em um arquivo de extensão .WAV.
Arrastar	Uma operação do mouse que envolve apontar para um objeto e mover o mouse enquanto mantem o botão do mouse apertado, daí movendo o objeto para outra posição.
ASCII	American Standard Code for Information Interchange; formato padrão de caracteres que permitem vários computadores e programas trocarem informação.
Auto-Falantes	Hardware usado para amplificar o som da placa de som ou do CD-ROM; exigido pelo padrão MPC.
Bitmap	(ver mapa de bits).
Botão	Um objeto da tela com um título indicando que ação ele ativa.
bps (bits por Segundo)	Uma medida de velocidade usada por modems, como 2400 bps ou 9600 bps.
Bus	Conjunto de fios que transferem informação dentro de um computador.
Caixa de diálogo	Uma janela que comunica uma mensagem ou pede uma informação específica.
Caixa de ferramentas	O conjunto de ícones mostrado em nível autor que permite criar e modificar objetos.
Camada	A ordem relativa de objetos de um fundo ou frente. Cada objeto tem sua própria camada, com o criado mais recentemente tendo o maior número de camada.
Câmera	Um dispositivo de hardware externo que, junto com uma placa de vídeo, é usado para capturar imagens.
Campo de dados	Uma “unidade” de informação de registro de banco de dados que está armazenado em um arquivo de dados; em um arquivo ASCII, eles são delimitados por um carater como a vírgula.
Campo	Um objeto que geralmente contem texto entrado pelo leitor ou pelo autor.

Caneta	Um dispositivo útil para entrada de informação, tocando uma tela ou uma almofada especial.
Canal DMA (Direct Memory Access)	Um microprocessador dedicado que transfere dados entre diferentes regiões da memória sem passar pela CPU, permitindo que esses dados sejam transferidos a uma velocidade muito mais rápida do que a CPU fosse utilizada.
CD-DA	O formato digital de som empregado nos CDs convencionais de áudio; também conhecido como padrão Redbook.
CD-ROM	(Compact Disk Read-Only Memory) Disco laser com memória somente de leitura. Um disco contendo diversos tipos de dados, como texto, áudio, vídeo e imagens. O usuário acessa esses dados através da conexão da unidade de CD-ROM ao computador.
CD/XA CD-ROM	Com arquitetura expandida. Uma extensão da especificação CD-ROM que intercala dados de áudio com outros tipos de dados (como texto o vídeo).
Clip	Um arquivo contendo uma sequência de som, vídeo ou animação que pode ser vinculada ou inserida em outros documentos.
Clique	Termo para o rápido apertado no botão do mouse.
Clone	Um computador que é uma cópia de outro com a mesma arquitetura.
Compatibilidade	A habilidade do hardware e do software trabalharem juntos; compatibilidade é dependente da arquitetura e do sistema operacional do computador.
CPU (CPU Central Processing Unit)	O "cérebro" do computador que controla o processamento do computador e permite que ele execute as instruções; algumas vezes chamado de microprocessador; o padrão MPC exige pelo menos uma 386SX.
DAC (Conversor Analógico Digital)	Converte informação digital em som analógico; recurso padrão de uma placa de som MPC.
Debugador	Facilidade que ajuda a localizar erros em um programa, e pode sugerir como corrigi-los.
Desenhos incluídos	Coleção de imagens gráficas simples que podem ser incorporadas a outras aplicações.
Disco rígido	Um dispositivo de armazenamento magnético de alta capacidade que permite a gravação de dados, o padrão MPC exige um mínimo de 30 MB de capacidade.
Dispositivo Ótico	Dispositivo de armazenamento que usa um raio laser para ler a informação do disco; um CD-ROM é armazenamento um dispositivo de armazenamento ótico.
Documentos compostos	Documentos contendo objetos de dados e armazená-la no documento-cliente usando o OLE.
DOS (Disk Operating System)	O sistema operacional mais usado em computadores pessoais.
Hipermídia	Um termo criado para descrever os aplicativos que contêm elementos de hipertexto e multimídia.
Hipertexto	Texto formatado usando pontos ativos (hotlinks) e extensamente indexado. Os pontos ativos permitem que o usuário salte entre tópicos interligados; o índice permite que o usuário localize tópicos específicos com base em palavras-chave.
ISO-9660	Conhecido originalmente como formato High Sierra, este padrão descreve a forma como os dados devem ser armazenados num disco CD-ROM.

Leitor de hipertexto	(Hiptertext Engine) Um módulo de execução que permite o acesso do usuário aos recursos de hipertexto depois que o documento foi produzido, indexado e compilado por seu autor. Todos os programas de desenvolvimento de hipertexto incluem seu próprio módulo leitor.
Local bus	Uma placa-mãe que permite que uma placa de vídeo tenha acesso direto ao microprocessador, fazendo com que a transferência de dados de vídeo tenha a mesma velocidade do clock do sistema.
Mapa de Bits (Bitmap)	Imagens compostas por conjuntos de bits na memória do computador que definem a cor e a intensidade de cada ponto da tela (pixel).
Masterização	Primeira etapa da duplicação de discos CD-ROM. Um disco-mestre é criado pelo próprio Programador (usando um drive WORM) ou por uma firma de duplicação (que cria o disco-mestre a partir dos dados fornecidos pelo programador em fita ou em outro tipo de mídia).
MCI (Media Control Interface)	Interface de Controle de Mídia. A interface de programação da Microsoft para o controle de dispositivos de multimídia.
MIDI (Musical Instrument Digital Interface)	Interface Digital para Instrumentos Musicais. Um protocolo padronizado para o intercâmbio de informações musicais entre instrumentos musicais, sintetizadores e computadores.
MPEG (Motion Picture Experts Group)	Um padrão de compressão que comprime todos os dados redundantes entre os quadros de uma sequência.
Multimídia	Um termo que descreve aplicativos e documentos que foram aprimorados com acréscimo de sons, animações, sequências de vídeo ou todos estes tipos de mídia. O termo também é empregado para descrever itens de hardware que permitem que o usuário acesso estes recursos. Finalmente, multimídia é um termo empregado para definir os aplicativos nos quais a ênfase primária está nos elementos de mídia.
Objeto	Um módulo encapsulado contendo uma combinação de informações e instruções que operam sobre essas informações.
Programa Evento	Software que é orientado a eventos ou ações de programas como resultado de cliques em menu ou Orientado a botões, ou outros objetos.
Programa Orientado a Objeto	Software que é baseado na criação e manipulação de objetos.
SCSI (Small Computer System Interface)	Interface para Pequenos Sistemas de Computadores. Uma única placa de interface, utilizando apenas slot de PC, que pode ser usada para conectar (encadear) diversos dispositivos SCSI externos. O padrão SCSI é mais rápido que uma conexão serial.

APÊNDICE B

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABT	Associação Brasileira de Tecnologia Educacional
ADM	Ambiente Didático Multimídia
ADC	Analogic to Digital Conversor
AIES	Ambiente Integrado de Engenharia de Software
ASCII	American Standard Code for Information Interchange
BBS	Bulletim Board Service
BCBR	Base de Conhecimento de Boas Regras
CAI	Computer Assisted Instruction
CAL	Computer Assisted Learning
CDE	Controle de Dialogo para Exercícios
CD-DA	Compact Disk Digital Audio
CD-I	Compact Disk Interactive
CD-MO	Compact Disk Magneto Optical
CD-ROM	Compact Disk Read Only Memory
CD-XAs	Compact Disk Extended Architecture
CEE	Comunidade Econômica Européia
CNPq	Centro Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CPU	Central Process Unit
DAC	Digital to Analogic Converter
DIC	Dados Informações e Conhecimentos
DVI	Digital Vídeo Interactive
EGA	Enhanced Graphics Adapter
EIAC	Ensino Inteligente Assistido por computador
FUNTEVÊ	Fundação Centro Nacional de Televisão Educativa
IA	Inteligência Artificial
IAC	Instrução Assistida por Computador
INPE	Instituto de Pesquisas Especiais
MCT	Memória de Curto Termo

MDE	Modulo de Detecção de Erros
ME	Modulo de Erros
MECE	Modulo de Estado de Conhecimento do Estudante
MDA	Modulo de Direção de Aprendizagem
MLT	Memória de Longo Termo
MO	Memória Operacional
MT	Memória de Trabalho
MECs	Materiais Educativos Computadorizados
MODEM	Modulador/Demodulador
MPC	Multimídia Personal Computer
NTSC	National Television Systems Comittee
OOA	Object-Oriented Analysis. (Análise Baseada em Objetos).
OOD	Object-Oriented Design. (Projeto Baseado em Objetos).
PAL	Phase Alternate Line
PCM	Pulse Code Modulation
RGB	Read, Green and Blue
SCSI	Small Computer System Interface
SEI	Secretaria Especial de Informática
SEP	Sistemas de Exercitação e Pratica
STI	Sistemas Tutoriais Inteligentes
SVGA	Super Video Graphics Array
UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UFRJ	Universidade Federal de Rio de Janeiro
UNICAMP	Universidade Estadual de Campinas
VGA	Video Graphics Array
WORM	Write Once, Read Many

APÊNDICE C

O Modelo Gerador de Materiais Educativos Computadorizados num Ambiente Multimídia.

